
COLL. REG. MED. LOND.
MDXVIII
Ο ΒΙΟϹ
ΤΕΧΝΗ
ΒΡΑΧΥϹ Η
ΔΕ
ΜΑΚΡΗ

DIE

ELEKTRICITÄT IN DER MEDICIN.

I. HÄLFTE.

(PHYSIKALISCH-PHYSIOLOGISCHER THEIL).

Druck von E. Th. Jacob in Erlangen.

I.

PHYSIKALISCH-PHYSIOLOGISCHER THEIL.

Inhalt.

	Seite
Einleitung	1
Historisches	2
Die Methoden der Elektrisirung vor Duchenne	2
Duchenne's Electrisation localisée	3
Remak's Kritik und Modification der Duchenne'schen Methode	5
Polemik zwischen Remak und Duchenne	6
Aufgaben und Gang der eigenen Untersuchungen	7
Allgemeines Resultat derselben	8
Remak's Verdienste um die Einführung des galvanischen Stroms in die innere Medicin	10
Seine Nachfolger	11

Physiologische Vorstudien.

Von dem Stromlauf im menschlichen Körper und von dem Leitungswiderstande der Gewebe.

Allgemeines über den Stromlauf im Körper	12
Von der Stromdichte	12
Von der Stromrichtung	13
Von der Localisirung des Stromes	14
Der Leitungswiderstand der einzelnen Gewebe	15
Vom Wassergehalte der Knochen	16
Verhältniss des Wassergehaltes der Gewebe zu ihrer Leitungsfähigkeit	17
Bedeutung des Salzgehaltes, der Temperatur und der histologischen Beschaffenheit der Gewebe für ihre Leitungsfähigkeit	17

	Seite
Ueberwindung von Widerständen im Körper	20
Verhalten der Zweigströme gegenüber den Widerständen im Körper	21
Von der Leitungsfähigkeit der Schädelknochen und des Gehirns	23
Früherer Standpunkt des Verf. nebst Begründung	25
Versuche von Erb über die Erreichbarkeit des Gehirns	26
Versuche von Burckhardt	27
Versuche von Brückner	29
Eigene Untersuchungen über denselben Gegenstand	30
Methode und Vorversuche	31
Aufgaben der Untersuchungeu	32
Hauptresultat der Versuche	34
Vorzügliche Leitungsfähigkeit der Bulbi	35
Leitungswiderstand der Bulbi mit dem des Gehirns und anderer Organe verglichen	36
Die Erreichbarkeit des Rückenmarks und der Nervenstämme	37
Erreichbarkeit des Halssympathicus und der Organe der Brust und Bauchhöhle	38
Die Leitungsfähigkeit der Nerven	39
Widerlegung der Behauptuug von Benedikt	40

Physiologische Wirkungen des elektrischen Stromes an den einzelnen Organen des Körpers.

Haut.

Hautschmerz	42
Ursachen desselben	43
Qualität des Schmerzes	44
Verhalten der Hautmuskeln	45
Verhalten der Blutgefässe der Haut	46
Differenz der Wirkung beider Pole	47
Eigene Versuche über die physiologische und chemische Einwirkung beider Pole auf die Haut	48
Chemische Wirkung beider Pole an anderen Organen	50
Unpolarisirbare Elektroden	51

Nerv und Muskel.

Vom Elektrotonus	52
Du Bois-Reymond's Zuckuugsgesetz	53
Zuckungsgesetz nach Pflüger	54
v. Bezold's Untersuchungen	55
Untersuchungen von Fick und Wundt	57
Resumé der physiologischen Grundlagen	58

Seite

Von der Stromdichtigkeitsschwankung 59
Modificirende Wirkung des galvanischen Stromes . . . 60
Erfrischende Einwirkung auf den ermüdeten Muskel . . 61
Elektrotonus beim Menschen. Remak 62
Eulenburg's Untersuchungen 63
Bedenken gegen dieselben 64
Erb's Versuche und Helmholtz's Erklärung . . . 65
Samt's Untersuchungen 66
Brückner's und Runge's Untersuchungen 68
Brenner's Ansicht über die polare Natur des Elektrotonus . 70
Filehne's Versuche 72
Resumé über den gegenwärtigen Stand der Elektrotonusfrage 73
Effecte der Elektrisirung motorischer Nerven am Lebenden . 75
Inductionsstrom. Ueberwiegen der physiologischen Wirkung der Oeffnungsinductionsströme 75
Helmholtz's Modification der Unterbrechungsvorrichtung zur Beseitigung dieser Differenz 76
Duchenne's Ansicht über die differente Wirkung des Extra- und Inductions-Stromes und J. Rosenthal's Widerlegung derselben 77
Batteriestrom. Ueberwiegen des negativen Pols . . 78
Differenz der Polwirkungen am motorischen Nerven . . 79
Eigene Versuche. Resumé 80
Brenner's Versuchsresultate 81
Wechsel der Stromesrichtung 83
Physikalische und physiologische Gründe für die Wirkung der Commutation 84

Muskel.

Effecte der directen Muskelreizung 86
Muskelreizung ohne Vermittelung der motorischen Nerven . 87
Steigerung der Muskelwärme durch Contraction . 88
Historisches 88
Eigene Versuche am Menschen. Methode 89
Versuchsbeispiele. Thermometrische Bestimmungen . . 90
Ergebnisse der eigenen Versuche 99
Bestätigung derselben durch die Versuche von Althaus . 100
Temperatursteigerung in der Haut durch Elektrisirung . 101
Eigene Controlversuche mit thermo-elektrischen Messungen 102
Methode derselben 103
Eigene Versuche über die Wärmesteigerung in contrahirten, glatten Muskeln 105

	Seite
Die Lehre von der Muskelwärme in ihrer weiteren Entwicklung	106
Die Heidenhain'schen Studien über die Muskelwärme	107
Verhalten der Muskelwärme beim Tetanus	110
Von der Nothwendigkeit der Contraction für die Existenz des Muskels	111
Verhalten der Muskelwärme bei Galvanisirung des Muskels ohne Verkürzung	112
Elektrische Ströme steigern die Erregbarkeit des Muskels und Nerven	114
Cautelen bei der Prüfung der Erregbarkeitssteigerung am menschlichen Nerven	115

Die sensiblen Nerven.

Von der Wirkung beider Ströme auf den sensiblen Nerven	116
Von der elektromuskulären Sensibilität	117
Duchenne's Ansicht über dieselbe nebst Kritik	118

Die Sinnesnerven.

A. Der Sehnerv.

Historisches	120
Elektrotonus des Sehnerven nach Helmholtz	121
Effect der Galvanisirung des Sehnerven nach Brenner	122
Ist die galvanische Retina-Erregung eine directe oder reflectorische? Benedikt	125
Beobachtung von Althaus für die Reflextheorie	126
Beweise gegen diese Reflextheorie	127
Wirkung des galvanischen Stroms auf die Irismuskulatur	129

B. Der Hörnerv.

Brenner's Normalformel	131
Uebrige Effecte der Acusticus-Galvanisation	132
Die elektrische Erregung ist eine directe, nicht reflectorische	133

C. Der Geschmacksnerv.

Beobachtungen von Sulzer und Volta	134
Theorie über das Wesen der galvanischen Geschmacksempfindung	135

D. Der Geruchsnerv.

Von dem Wesen der galvanischen Geruchsempfindung	137

Gehirn.

Gründe für die Möglichkeit einer directen Galvanisirung des Gehirns	138

Seite

Symptome der Gehirngalvanisation 139
Beobachtung von Althaus 140
Beobachtungen von Hitzig und Fritsch über motorische Centra in den Gehirnhemisphären 141
Hitzig's Beobachtung von Bulbus-Bewegungen bei Gehirngalvanisation am Menschen 142

Rückenmark.

Gründe für die Möglichkeit einer directen Elektrisirung des Rückenmarks 143

Sympathicus.

Galvanisirung des Halssympathicus am Menschen . . . 145
Beobachtung von Gerhardt 146
Versuche von A. Eulenburg und H. Schmidt . . . 147
Beobachtungen von M. Meyer 148
Besondere Schwierigkeiten der Sympathicus-Versuche am Menschen 149

Die Organe der Brust- und Bauchhöhle.

Elektrisirung des Oesophagus 150
Einwirkung des elektrischen Stromes auf den Darm . . 151
Harn- und Gallenblase 152
Ureteren, Vas deferens, Uterus 153
Nieren und Milz 154

Von den Apparaten und ihrer Behandlung.

I. Apparate zur Anwendung der Reibungselektricität.

Die Influenzmaschine von Holtz 156

II. Apparate zur Anwendung der Inductionsströme.

A. Die magnet-elektrischen Inductionsapparate . . . 157
B. Die volta-magnet-elektrischen Inductionsapparate . 158
Wagner's selbstthätiger Hammer (Fig. 1) 159
Du Bois-Reymond's Schlittenmagnet-Elektromotor (Fig. 2) 160
Die Elektricitätsquellen 161
Daniell'sche Kette (Fig. 3) 162
Von dem Amalgamiren oder Verquicken des Zinks . . . 163

	Seite
Siemens'sche Modification des Daniell'schen Elementes .	164
Die Grove'sche Zink-Platina-Kette (Fig. 4 u. 5) . . .	165
Stöhrer's kleiner transportabler Inductionsapparat (Fig. 6) .	166
Stöhrer's grosser transportabler Inductionsapparat (Fig. 7) .	170
Leclanché's Zink-Kohle-Braunstein-Element (Fig. 8) . .	172
Krüger und Hirschmann's transportabler Inductionsapparat mit Leclanché-Elementen (Fig. 9)	174
Der Kugelunterbrecher	176
Keiser und Schmidt's Inductionsapparat mit Leclanché-Element (Fig. 10)	177
Uebrige Apparate. M. Meyer's Moderator	178

III. Apparate zur Anwendung des galvanischen Stromes.

Das Siemens-Daniell'sche Zinkkupferelement (Fig. 11) .	180
Die Siemens-Remak'sche Zinkkupferbatterie (Fig. 12) mit Stromwähler, Commutator und Galvanoskop	182
Brenner's Modification des Siemens-Remak'schen Apparates	187
Der Siemens'sche Rheostat (Fig. 13 u. 14)	188
Der selbstthätige Unterbrecher	192
Das Spiralrheotom	193
Der Brenner'sche Commutator	194
Leclanché-Batterie von Keiser und Schmidt (Fig. 15) .	195
Die transportablen Batterien	196
Transportable Siemens-Batterien	197
Stöhrer's transportable Zink-Kohlen-Batterie mit Hebevorrichtung und Schlussschieber	198
I. Die transportable Plattenbatterie (Fig. 16) . . .	199
Stöhrer's neuer Rheostat	203
II. Die leichttransportable Handbatterie (Fig. 17) . . .	204
Die leichttransportable Beetz-Leclanché-Batterie (Fig. 18 u. 19)	208
Die Chlorsilber-Zink-Batterie nach Warren de la Rue und Pincus	212
Stöhrer's Chlorsilber-Zink-Batterie (Fig. 20)	214
Die Smee'sche Kette	217
Frommhold's Batterie (Fig. 21), Muirhead-Daniell'sche Batterie	218

Seite

Die Nebenapparate.

Die Elektroden (Fig. 22, 23, 24) 219
M. Meyer's Unterbrechungsvorrichtung 221
Hitzig's unpolarisirbare Elektroden (Fig. 25) 222
Duchenne's Pinsel aus Metallfäden (Fig. 26, c) 224
Elektroden für Mastdarm, Oesophagus und Magen . . . 225
Die Larynx-Elektroden des Verf. (Fig. 27) 226
Die Ohr-Elektrode (Fig. 26, a) 227
Die Leitungsschnüre 228

Allgemeine Bemerkungen zur Methode der Localisirung des elektrischen Stromes.

Vorübungen am eigenen Körper und an Versuchspersonen . 229
Physiologische Praevalenz des negativen Pols 230
Verfahren bei der Bestimmung der Pole des Batteriestromes . 231
Vergrösserung der Contactflächen an den Elektroden . . 231
Gleichzeitige Erregung zweier homologer Muskeln . . . 232
Starkes Fettpolster als Hinderniss für die localisirte Elektrisirung 233

Anatomisch-physiologische Data zur Methode der Localisirung des elektrischen Stromes.

Aufgaben 234
Duchenne's Anatomie vivante 235

Kopf.

Nerv. facialis (Fig. 28) 237
Ram. auricularis posterior 238
Mm. retrahentes et M. attollens auriculae 238
Mm. tragicus et antitragicus 239
Mm. helicis major et minor 239
Mm. stylohyoideus et digastricus 239
Mm. attrahentes et attollens auriculae 241
M. frontalis (Fig. 29) 241
M. corrugator supercilii 243
M. orbicularis palpebrarum 243
M. malaris 244
M. zygomaticus major (Fig. 30) 245
M. zygomaticus minor (Fig. 31) 246

	Seite
M. levator labii superioris proprius (Fig. 32)	247
M. levator labii super. alaeque nasi (Fig. 33)	248
M. compressor nasi et M. pyramidalis nasi	248
M. dilatator narium anterior et posterior	249
M. orbicularis oris	250
M. buccinator (Fig. 34)	250
M. triangularis menti	251
M. quadratus menti (Fig. 35)	251
M. levator menti (Fig. 36 u. 37)	252
M. masseter et M. temporalis	253
Muskulatur der Mundhöhle. Zunge. Velum. Azygos uvulae	254
Mm. constrictores pharyngis	255

Hals.

M. subcutaneus colli	255
Nerv. accessorius Wilisii	256
M. sternocleidomastoideus (Fig. 38)	256
M. cucullaris (Fig. 39)	258
M. levator anguli scapulae	258
Nerv. hypoglossus	259
Ansa N. hypoglossi	260
M. omohyoideus	260
Mm. sternothyreoideus et hyothyreoideus. M. sternohyoideus	260
Nerv. phrenicus	260
Die Nerven und Muskeln des Kehlkopfes	262
Historisches über die Reizungsmethoden (Duchenne, Gerhardt, Mackenzie, v. Bruns)	263
N. laryngeus superior und inferior	264
Mm. crico-thyreoidei	266
Die Reizung vom Pharynx aus und ihre Schwierigkeiten	266
Stromstärke, Laryngo-Elektrode	267
M. arytaenoideus (transversus)	268
M. crico-arytaenoideus lateralis	269
Mm. thyreo-arytaenoideus externus und internus	269
M. crico-arytaenoideus posticus	270
Mm. thyreo- und ary-epiglotticus	271
M. glosso-epiglotticus	271
Nervus vagus	272
Pars supraclavicularis Plex. brachialis	272
N. thoracicus posterior	272
N. thoracicus lateralis	272
M. serratus anticus major	273

	Seite
Nervi subscapulares	273
Nerv. thoracicus anterior	274
Musculi pectorales. Wirkung der Portio clavicularis des M. pectoral. major	274

Obere Extremitäten.

Nerv. axillaris	275
M. deltoideus	275
Nerv. musculo-cutaneus (Fig. 46)	276
M. biceps	276
M. brachialis internus	276
Nerv. medianus (Fig. 41)	277
M. pronator teres (Fig. 42)	278
M. flexor digitor. sublimis	278
M. flexor digitor. profundus	279
M. radialis internus	279
M. palmaris longus	279
M. pronator quadratus	280
M. flexor pollicis longus	280
M. abductor pollicis brevis	280
M. opponens pollicis (Fig. 43)	280
M. flexor pollicis brevis	280
Mm. lumbricales I—III	280
Nerv. ulnaris	281
M. ulnaris internus	281
M. flexor digitor. profund.	282
M. abductor digiti minimi (Fig. 44)	282
M. flexor digiti minimi	282
M. opponens digiti minimi	282
M. palmaris brevis	282
Ram. volaris profund. Nervi ulnaris	283
M. adductor pollicis	283
Mm. interossei (Fig. 45)	283
Nerv. radialis (Fg.i 46)	283
M. triceps	284
M. brachialis internus	284
M. supinator longus	284
M. radialis externus longus	285
M. supinator brevis	285
M. radialis extern. brevis	285
M. extensor digitor. comm. (Fig. 47)	286
M. ulnaris externus	287

	Seite
M. anconaeus quartus	287
M. abductor pollic. long. (Fig. 48)	287
M. extensor digiti indicis propr.	288
M. extensor digiti minimi propr.	288
M. extensor pollicis long.	288
M. extensor pollicis brevis	288

Rumpf.

Musculi intercostales	289
Beobachtungen über ihre Wirkung von Bäumler und mir	290
Resultate derselben	292
Nervi intercostales abdominales (Fig. 49)	292
M. rectus abdominis	293
M. obliquus abdom. externus	294
M. transversus abdomin.	294
M. obliquus abdom. intern.	295
M. splenius capitis	295
M. latissimus dorsi	295
M. teres major und minor	295
M. serratus postic. infer.	295
M. opisthotenar	295

Untere Extremitäten.

Vorbemerkungen	296
Nerv. cruralis (Fig. 50)	296
M. extensor cruris quadriceps	296
M. rectus femoris	297
M. vastus externus	297
M. cruralis	297
M. vastus internus	298
M. sartorius	298
M. tensor fasciae latae	298
Nerv. obturatorius	298
M. pectineus	299
M. adductor brevis	299
M. adductor longus	299
M. gracilis	299
M. adductor magnus	299
Nerv. glutaeus superior	300
Nerv. glutaeus inferior	300
Nerv. ischiadicus (Fig. 51)	300

Seite

M. biceps femoris 301
M. semitendinosus 301
M. semimembranosus 301
Nerv. peroneus (Fig. 52) 302
Nerv. peroneus superficialis 302
M. peroneus longus 302
M. peroneus brevis 302
Nerv. peroneus profundus 302
M. tibialis anticus 302
M. extensor digitor. commun. long. 303
M. extensor hallucis longus 303
M. peroneus tertius 304
M. extensor digitor. commun. brevis 304
M. flexor hallucis longus 304
Nerv. tibialis (Fig. 53) 305
Mm. gastrocnemii 305
M. soleus 305
M. flexor digitor. commun. longus 306
M. tibialis postic. 306
M. flexor hallucis longus 306
N. tibialis 307
M. abductor hallucis 307
M. flexor digitor. commun. brevis 307
M. abductor digiti minimi 307
Mm. interossei 308

Druckfehler.

Seite 22 Z. 10 v. u. setze S t ä r k e statt Dichte.
Seite 221 Z. 14 v. o. setze U n t e r b r e c h u n g s v o r r i c h t u n g statt Untersuchungsvorrichtung.
Seite 221 Z. 25 v. o. setze U n t e r b r e c h u n g s h e b e l statt Untersuchungshebel.
Seite 241 Z. 12 v. o. setze M. a t t o l l e n s statt attolens.
Seite 242 Z. 5 v. o. setze C o n t r a c t i o n statt Contractien.

Einleitung.

Der Entwicklungsgang der Elektrotherapie im Laufe der letzten zwei Decennien zeigt in der erfreulichsten Weise, was consequente Arbeit mit vereinten Kräften und bestimmten Zielen zu leisten vermag. Die Entwicklung der Lehre von der Anwendung des elektrischen Stroms in der praktischen Medicin ist in der That eine ungewöhnlich rasche und stetige gewesen. Aus einem wüsten Chaos von unklaren physikalisch-physiologischen Anschauungen und roh-empirischen Heilversuchen hat sich die Lehre im Lauf von 20 Jahren zu einem stattlichen und soliden Bau herausgearbeitet, welcher nicht nur eine sehr wesentliche Erweiterung der Pathologie und Therapie darstellt, sondern auch vielfach fruchtbringend für die Physiologie und Anatomie gewesen ist. In letzterer Beziehung sei an die Studien über die Function der einzelnen Muskeln erinnert, welche wir Duchenne's Methode der Localisirung des elektrischen Stroms verdanken, ferner an die Untersuchungen über das Verhalten der motorischen Nerven zu den Muskeln und zur Körperoberfläche, über die Folgen der Nervenverletzungen für die Ernährungs- und Erregbarkeitsverhältnisse von Nerv und Muskel, an die Studien über die elektrische Reizung der Centralorgane des Nervensystems, des Sympathicus, des Acusticus, des Phrenicus u. A.

Eine weit reichere Fülle wichtigen und interessanten Materials ist aber für die Pathologie und Therapie des Nerven- und Muskelsystems zu Tage gefördert. Nicht nur für das Verständniss mancher bis jetzt dunkler pathologischer Erscheinungen haben die elektrischen Studien wichtige Anhaltspunkte geliefert; sie haben auch der Diagnostik der Nerven- und Muskelkrankheiten einen höheren Grad von Sicherheit verliehen und die Therapie dieser

Affectionen vollständig umgestaltet — Leistungen, welche um so schwerer wiegen, je unzugänglicher sich bisher gerade diese Gebiete der ärztlichen Forschung erwiesen haben.

Die sich täglich mehrende Zahl der Arbeiter, welche sich diesen Studien mit Eifer hingeben, bürgt dafür, dass auf dem betretenen Wege rüstig fortgeschritten werde. Ein wesentliches Hinderniss indessen droht einer soliden Fortentwicklung hemmend in den Weg zu treten. Je mehr sich nämlich die Electrotherapie in Folge der wachsenden Ausdehnung ihres Gebietes zu einer Specialität herausbildet, um so grösser ist die Gefahr, dass ihr Gedeihen unter jenem therapeutischen Enthusiasmus leide, welcher bei Specialisten ebenso häufig als erklärlich ist. Hüten wir uns vor diesem Enthusiasmus, welcher das Urtheil trübt und zu einer Quelle einseitiger Auffassung der Erscheinungen wird, welcher nur zu geneigt ist, zweifelhafte Heilresultate für sichere zu nehmen und aus ihnen rückschliessend Hypothesen aufzubauen. Diese Richtung führt auf Abwege. Nüchterne klinische Forschung, vor allem grösste Vorsicht in der Beurtheilung therapeutischer Erfolge, eine vorurtheilsfreie Controle des klinisch Beobachteten durch die Section und durch das Experiment, sorgfältige Ausbildung der Methoden und stete Fühlung mit den physikalischen und physiologischen Wissenschaften, das ist der Weg, der allein eine gesunde weitere Entwicklung dieses vielversprechenden jungen Zweiges unserer Wissenschaft verbürgt.

Die Anwendung des elektrischen Stroms in der praktischen Medicin datirt in ihren ersten Versuchen weit zurück. Seit der Construction der Elektrisirmaschine, und mehr noch seit der Entdeckung der Berührungselektricität und der Construction der Volta'schen Säule sind die verschiedenartigsten Versuche angestellt, das neuentdeckte Agens zu Heilzwecken zu benutzen. Trotz des grossen Fleisses und der Ausdauer der einzelnen Forscher, von denen nicht nur Praktiker, wie de Haën, Mauduyt, Hufeland und Grapengiesser, sondern auch Naturforscher, wie Humboldt, Ritter und Bichat die weittragende Bedeutung dieser Entdeckungen für die Heilkunde erkannten, blieben die Resultate sehr unbefriedigend. Die grossen technischen Schwierigkeiten, welche sich der Anwendung des

Galvanismus in grösserem Massstabe entgegenstellten, scheinen die Mehrzahl der Aerzte von weiteren Versuchen abgeschreckt zu haben.

Erst Faraday's Entdeckung der Inductionsphänomene und die derselben folgende Herstellung von Apparaten, welche sich zum ärztlichen Gebrauch eigneten, gab den Anstoss zu einem neuen Aufschwung. Die im Anfang der dreissiger Jahre construirten magnet-elektrischen Rotationsmaschinen wurden mit Freude begrüsst und fanden rasch eine ziemlich grosse Verbreitung; dieselben genügten aber einerseits dem Bedürfnisse in vieler Beziehung nicht, andererseits fehlte es an einer zweckmässigen und wissenschaftlichen Methode ihrer Anwendung.

Der Name, an den sich der Beginn einer neuen Epoche knüpft, welche die der wissenschaftlichen Anwendung der Elektricität in der praktischen Medicin genannt zu werden verdient, ist der von Duchenne de Boulogne. Die Methode der Localisirung des elektrischen Stromes, welche Duchenne fand, ist die Basis, auf welche alle nachfolgenden Arbeiter sich gestellt haben; durch sie wurde erst eine wissenschaftliche Behandlung der Elektricitätsfrage in der praktischen Medicin überhaupt möglich.

Die Methoden der Elektrisirung des menschlichen Körpers, welche Duchenne vorfand, als er in den vierziger Jahren seine Studien begann, waren höchst mangelhaft. Man leitete entweder den Funken der Elektrisirmaschine oder der Leydener Flasche auf den leitenden Körpertheil über, oder man berührte und bestrich die Körperoberfläche mit metallenen Platten oder Kugeln, welche durch Leitungsschnüre mit einem magnet-elektrischen Rotationsapparate oder einer Volta'schen Säule in Verbindung standen. Duchenne schuf sich erst durch die Construction eines zweckmässigen volta-elektrischen Inductionsapparates die Möglichkeit, jene fruchtbringenden Untersuchungen anzustellen, welche bei der seltenen Ausdauer und dem ernsten wissenschaftlichen Streben dieses Forschers sowie bei dem reichen Material, welches ihm seine Praxis und die Pariser Hospitäler zur Beobachtung stellten, glänzende Resultate haben mussten.

Duchenne trat gegen Ende der vierziger Jahre mit seinen ersten Arbeiten vor die Oeffentlichkeit. Seine neue Methode, den elektrischen Strom auf bestimmte Theile des Körpers

zu localisiren, legte er schon 1847 in einer Note an die Akademie der Wissenschaften nieder, welche im Jahre 1850 veröffentlicht wurde [1]).

Diese Arbeit bildet die Basis aller seiner späteren Leistungen. Sie enthält die einfache und doch so wichtige Thatsache, dass man den elektrischen Strom auf bestimmte Punkte unter der Haut localisiren könne, wenn man die Spitzen der Stromgeber mit feuchtem Leiter umgäbe und dieselben oberhalb des zu reizenden Organes kräftig auf die Haut aufsetze [2]).

Dieser ersten Entwicklung seiner Methode folgte nun eine grosse Anzahl von Detailarbeiten sowohl anatomisch-physiologischen als pathologischen und therapeutischen Inhalts, welche im Jahre 1855 von dem Autor gesammelt herausgegeben wurden [3]).

Die deutsche Medicin nahm sehr früh Notiz von Duchenne's Leistungen. Jaksch [4]) und Richter [5]) machten schon 1853 in ihren Reiseberichten auf dieselben aufmerksam, Remak wurde um dieselbe Zeit durch die überraschenden Demonstrationen Duchenne's, vorzüglich durch die localisirte Faradisirung der einzelnen Muskeln zu eigenen Untersuchungen angeregt, deren Resultate er mehrere Jahre später veröffentlichte [6]). M. Meyer [7]) adoptirte in seinem verdienstvollen Buche die

---

1) Exposition d'une nouvelle méthode de galvanisation, dite galvanisation localisée. Archives générales de médecine, Juillet et Août 1850, Fevrier et Mars 1851.

2) „La peau et les excitateurs sont-ils très-humides on n'oserve ni étincelles, ni crépitation, ni sensation de brûlure; mais on obtient des phénomènes de contractilité ou de sensibilité très-variables, suivant qu'on agit sur un muscle ou sur un faisceau musculaire, sur un nerf ou sur une surface osseuse" (l. c. p. 259).

3) De l'électrisation localisée et de son application à la Physiologie, à la Pathologie et à la Therapeutique par le Docteur G. B. Duchenne (de Boulogne). Paris. J. Baillière 1855. II. Edit. 1861. III. Ed. 1870.

4) Prager Vierteljahrsschrift 1853. Bd. III. p. 187.

5) Schmidt's Jahrbücher pp. 1853. Bd. 80. p. 265.

6) R. Remak, Ueber methodische Elektrisirung der Muskeln. Berlin 1855. II. Aufl. 1856.

7) Moritz Meyer, Die Elektricität in ihrer Anwendung auf praktische Medicin. Berlin 1854. II. Aufl. 1861. III. Aufl. 1868.

Duchenne'sche Methode und Erdmann[1]) in Dresden lieferte von dem Duchenne'schen Werke etwas später eine vortreffliche Bearbeitung für das deutsche ärztliche Publicum.

Sehr förderlich für die Sache waren die schon erwähnten Remak'schen Untersuchungen und die (übrigens ziemlich unerquickliche) Polemik desselben gegen Duchenne in Betreff der Methode der localisirten Faradisirung[2]). Remak hatte sich sowohl bei den Duchenne'schen Demonstrationen als auch durch das Studium des Duchenne'schen Werkes überzeugt, dass derselbe die Contractionen der Muskeln vornehmlich durch Aufsetzen der Stromgeber auf die Muskelmasse selbst erziele. Dieses Verfahren nennt Duchenne Faradisation musculaire directe und stellt demselben die Faradisation musculaire indirecte d. h. die Erregung von Muskelcontractionen durch Reizung eines motorischen Nervenstammes oder -Astes gegenüber. Allein das letztere Verfahren empfahl Duchenne wenigstens Anfangs nur für Ausnahmsfälle. Remak wies nun in der bereits erwähnten Brochüre nach, dass es, um einen Muskel zur completen Contraction zu bringen, viel zweckmässiger sei, dessen motorischen Nerven zu reizen, als den Strom auf die Muskelsubstanz selbst einwirken zu lassen. Im letzteren Falle bedürfe man nämlich eines starken Stromes, um eine complete Contraction aller Bündel des Muskels zu erzielen, und es sei dadurch die Procedur sehr schmerzhaft, während man durch Reizung des motorischen Nerven den entsprechenden Muskel schon mit einem schwachen und deshalb viel weniger schmerzhaften Strome zur Verkürzung bringen könne. Die von Duchenne empirisch gefundenen points d'élection, von denen aus

---

1) B. A. Erdmann, Die örtliche Anwendung der Electricität in der Physiologie, Pathologie und Therapie, mit Zugrundelegung von Duchenne de Boulogne, de l'électrisation localisée etc. Leipzig 1856. II. Aufl. 1858. III. Aufl. 1860.

2) Die Bezeichnungen Faradismus, Faradisation, welche Duchenne für die Anwendung des inducirten elektrischen Stroms zu Ehren Faraday's, des Entdeckers der Inductionsphänomene, vorgeschlagen hat, empfehlen sich durch Kürze und Prägnanz und haben in Deutschland Bürgerrecht gewonnen. Etymologisch richtiger aber etwas schwerer auszusprechen ist Faradayisation, Faradayisiren.

die Muskelcontraction durch den faradischen Strom besonders leicht gelänge, sind nach Remak die Eintrittsstellen der motorischen Nerven an den Muskeln, welche Duchenne bei der Faradisirung der Muskeln gereizt habe, ohne sich des anatomischen Zusammenhangs genügend bewusst zu sein. Remak erhob für die Methode der Faradisation localisée die Reizung der motorischen Nerven zum Prinzip und setzte an die Stelle der von Duchenne gewählten Ausdrücke, directe und indirecte Faradisirung der Muskeln, die Bezeichnungen intramusculäre und extramusculäre Reizung motorischer Nerven. Remak wollte mit dieser Bezeichnung zugleich die Erzielung von Verkürzungen der Muskelsubstanz durch Vermittelung einer der Muskelfaser als solcher eigenthümlichen und vom Nerveneinflusse unabhängigen Irritabilität, der sog. Haller'schen Muskelirritabilität, welche er für unerwiesen und unwahrscheinlich hielt, ganz ausschliessen.

Die Polemik zwischen Remak und Duchenne[1]) hat heute wenig Interesse mehr für uns; dagegen ist dieselbe insofern von Bedeutung gewesen, als sie viel zur Klärung der Anschauungen über die Principien der Duchenne'schen Methode beigetragen, weitere Untersuchungen auf deutscher Seite angeregt und so zu der Einbürgerung der Duchenne'schen Methode und zu dem Aufschwunge der Elektrotherapie überhaupt wesentlich mitgewirkt hat.

Durch die erwähnte Polemik, sowie durch die Lecture des Duchenne'schen Werkes auf die hohe Bedeutung der Duchenne'schen Entdeckung aufmerksam gemacht, begann ich im Jahre 1855 meine Studien über die Anwendung der Elektricität in der Medicin, deren erste Resultate im Jahre 1857 an die Oeffentlichkeit traten. Ich hatte mir zunächst die Aufgabe gestellt, einerseits der Duchenne'schen Methode der Faradisation localisée durch Untersuchungen an der Leiche eine ins Detail gehende ana-

---

1) Remak, über methodische Electrisirung gelähmter Muskeln 2. Aufl. 1856.

Duchenne in Schmidt's Jahrbüchern der gesammten Medicin, Band LXXXIX. 1856. pag. 250, und in De l'électrisation localisée etc. Edit. II. pag. 81.

tomische Basis zu schaffen und dieselbe durch eigene physikalisch-physiologische Versuche zu erweitern, andererseits der neuen Methode durch eine kurze Darstellung der anatomischen Verhältnisse sowie durch eine praktische Anweisung zur Ueberwindung der technischen Schwierigkeiten Eingang bei den Aerzten zu verschaffen.

Insbesondere war zunächst der schon von Remak urgirte Mangel anatomischer Untersuchungen über die Eintrittsstellen der motorischen Nerven an den Muskeln und über das Lageverhältniss derselben zur Hautoberfläche zu beseitigen. Den Verlauf der motorischen Nerven ausserhalb und innerhalb der Muskeln festzustellen und diejenigen Punkte und Linien, an denen die Nerven oberflächlich und dem electrischen Strome erreichbar verliefen, auf die Körperoberfläche zu projiciren, erschien mir als die nächste und wichtigste Aufgabe.

Ich benutzte zur Erreichung dieses Ziels zwei Wege. Einerseits verfolgte ich an zahlreichen Leichen den Verlauf der motorischen Nerven und stellte die Punkte ihres Eintrittes in die Muskeln und ihren Verlauf in den letzteren mit steter Rücksicht auf ihre Entfernung von der Körperoberfläche und ihr Lageverhältniss zu derselben fest. Andererseits verfolgte ich an Lebenden mit der Elektrode die sensiblen und motorischen Nerven und suchte die Randpunkte an den Muskeln, welche dem Eintritte der motorischen Nerven entsprechen, oder sonstige Stellen auch innerhalb des Muskels, durch deren Reizung sich eine Verkürzung des Muskels besonders prompt und leicht erzielen liess, auf — mit einem Worte, ich constatirte die sog. motorischen Punkte und fixirte dieselben mit Lapis auf der Haut.

Besonders instructiv war folgendes Verfahren, welches eine direkte Controle des elektrischen Versuches durch das anatomische Messer ermöglichte. Ich suchte bei Todescandidaten z. B. bei Phthisikern die wichtigsten motorischen Punkte auf, fixirte dieselben mit Höllenstein auf der Haut und überzeugte mich nach erfolgtem Tode von der Lage der Nerven und Muskeln zu den während des Lebens gefundenen motorischen Punkten und Strichen. Eine ähnliche Controle konnte ich auch mehrmals bei Selbstmördern ausführen, welche unmittelbar nach dem Tode in das Krankenhaus gebracht wurden, und deren Ner-

ven- und Muskelerregbarkeit sich je nach der Todesart oft Stunden lang erhielt.

Diese meine Untersuchungen ergaben nun, dass die von Duchenne empirisch gefundenen Wahlpunkte in der That mit den motorischen Punkte Remak's identisch seien und dem oberflächlichen Verlaufe eines motorischen Nerven ausserhalb oder innerhalb seines Muskels entsprächen. Es handelt sich hier aber durchaus nicht immer blos um die Eintrittsstellen der Nerven, resp. um Randpunkte, wie Remak, dessen Versuche sich nur auf einzelne Muskeln mit ziemlich freiliegendem marginalem Nerveneintritt (Cucullaris, Sternocleidomastoideus, Biceps, Gesichtsmuskeln) erstreckt zu haben scheinen, solche für sämmtliche Muskeln der Körperoberfläche zu statuiren sich berechtigt glaubte, sondern es handelt sich um alle die Punkte, an denen der betreffende motorische Nerv ausserhalb oder innerhalb des Muskels oberflächlich genug verläuft, um vom elektrischen Strome erreicht zu werden. So lassen sich zu den meisten Gesichtsmuskeln, zu den Cucullares, zum Vastus internus u. A. die betreffenden motorischen Zweige auf die Länge von mehreren Zollen mit der Elektrode verfolgen. Auf dieser ganzen Strecke ist jeder einzelne Punkt in Bezug auf die Erregung einer Muskelcontraction durch isolirte Faradisirung dem Randpunkte gleichwerthig. Andererseits findet man Muskeln, innerhalb derer der betreffende motorische Nerv so nahe der Oberfläche kommt, dass er gereizt werden kann, z. B. an den schiefen und den queren Bauchmuskeln. Endlich gibt es dicke Muskeln, bei denen, wenn sie nicht aussergewöhnlich mager sind, der motorische Nerv überhaupt nicht im Ganzen, sondern nur in seinen feineren Ausbreitungen gereizt werden kann, weil der Stamm von der Tiefe her, also von der Elektrodenspitze durch eine oft sehr dicke Lage stromableitender Muskelsubstanz getrennt, in den Muskel eintritt (Deltoidei, Glutaei u. A.). Endlich werden manche Muskeln von zwei oder mehr Bewegungsnerven versorgt und würden also zur Erzielung einer completen Contraction auf extramuskulärem Wege eine entsprechende Vervielfältigung der Elektroden erfordern, so z. B. alle Bauchmuskeln, manche Rückenmuskeln u. A. Hier liegt nun freilich die Möglichkeit der Erzielung des gewünschten Effektes durch Vervielfältigung oder Spaltung der Stromgeber vor; allein

die Umständlichkeit einer Reizung mit vielen Elektroden nöthigt uns, für gewöhnlich von einem solchen Verfahren Abstand zu nehmen und uns mit der direkten Reizung der Muskelsubstanz, resp. der in ihr enthaltenen feineren Verzweigungen des Nerven zu begnügen.

Wir ersehen aus dem Vorstehenden, dass wir besser thun, die von Duchenne gewählten Bezeichnungen: direkte und indirekte Muskelfaradisirung und -Galvanisirung beizubehalten, um so mehr, als die Möglichkeit der Erzielung von Muskelverkürzungen durch blosse Erregung der specifischen Muskel-Irritabilität (bei gänzlichem Ausschlusse des Nerveneinflusses) mittelst des elektrischen Stromes nach den Curare-Versuchen von Claude Bernard und Kölliker, nach den Experimenten von Kühne und Brücke, endlich nach den klinischen und experimentellen Beobachtungen von Erb sowie von mir und Weiss, nach welchen sich die Muskel-Irritabilität für galvanische Ströme nach Quetschung oder Durchschneidung von Nervenstämmen Monate lang trotz vollständiger Degeneration der peripherischen Nervenröhren erhält, nicht mehr bezweifelt werden kann.

Soviel über die Genese und Entwicklung der Duchenne'schen Methode der localisirten Faradisation bis zum Jahre 1858. In den folgenden Jahren hat sie wesentliche Veränderungen nicht erfahren; dagegen hat sie sich immer fruchtbringender entwickelt, die localisirte Galvanisirung hervorgerufen und sich sowohl in physikalisch-physiologischer als in pathologisch-therapeutischer Hinsicht als eine unerschöpfliche Quelle theoretisch und praktisch gleich wichtiger Thatsachen bewährt.

Wenige Jahre, nachdem die thermische Wirkung des galvanischen Stromes durch Crussel [1]) und vorzüglich durch Middeldorpf [2]) für die Chirurgie nutzbar gemacht war, wurde derselbe Strom durch Remak wegen seiner physiologischen

1) G. Crussel, Mein physikalisches Heilverfahren. Medicinische Zeitung Russlands 1848. Nr. 17. p. 136 und Nr. 50. p. 393.

2) A. Th. Middeldorpf, Die Galvanocaustik, ein Beitrag zur operativen Medicin. Breslau 1854.

Wirkungen auch in die innere Medicin wieder eingeführt. Remak's Originalität, seine unbegrenzte Hingebung und rastlose Thätigkeit für die Sache, der er die letzten 10 Jahre seines Lebens widmete, hat durch ein reiches Beobachtungsmaterial unterstützt dem Batteriestrom in relativ kurzer Zeit einen überraschend grossen und segensreichen Wirkungskreis eröffnet.

Seine ersten Publicationen über diesen Gegenstand erschienen im Jahre 1856. Ihnen folgte eine grosse Reihe von Journal-Artikeln, welche man in dem 1858 erschienenen Hauptwerke [1]) noch einmal abgedruckt findet.

Diese ersten Mittheilungen Remak's machten auf das ärztliche Publicum einen höchst ungünstigen Eindruck. Zahlreiche, mit krankhafter Exaltation und in baroker Manier geschriebene Artikel brachten die Beobachtungen, welche Remak bei der Anwendung des Batteriestromes an Kranken und Gesunden machte oder doch zu machen glaubte, ohne Prüfung auf den Markt. In verschiedenen Zungen, in Fachblättern und politischen Zeitschriften wurden abenteuerliche Wahrnehmungen, wunderbare Heilungen und kühne Diagnosen dem ärztlichen Publicum und der leidenden Menschheit vorgeführt. Remak bewirkte dadurch zwar einen bedeutenden Zulauf von Kranken aller Art zu seinen Arbeitszimmern, im Uebrigen aber schadete er der Sache und bereitete sich selbst eine Menge von Enttäuschungen und Unannehmlichkeiten, welche er sich bei einer ruhigeren Prüfung der überraschenden Ergebnisse seiner Beobachtungen hätte ersparen können.

Der Mangel an Vertrauen zu den Remak'schen Beobachtungen hinderte anfangs die gedeihliche Entwickelung der von Remak angeregten Fragen. Es verging eine Reihe von Jahren, bis andere Elektrotherapeuten Controlversuche anzustellen begannen. Remak hat übrigens in den letzten Jahren seines Lebens selbst nicht wenig dazu beigetragen, das Vertrauen zur Heilkraft des constanten Stromes zu heben, indem er seine anfänglichen Behauptungen theils modificirte, theils einschränkte. Die letzte Publication Remak's umfasst die von ihm im Jahre 1864 in Paris gehaltenen und nicht lange vor seinem Tode erschienenen

---

1) R. Remak, Galvanotherapie der Nerven- und Muskelkrankheiten. Berlin 1858. pag. 207 u. f.

Vorträge über die Behandlung der Neurosen mittelst des constanten Stromes [1]). Sie enthalten in Kürze die wichtigsten Erfahrungen und Lehrsätze Remak's und zeichnen sich sowohl durch grössere Unbefangenheit in der Beurtheilung pathologischer Zustände und therapeutischer Erfolge, als auch durch grössere Klarheit des Ausdruckes vor den früheren Arbeiten aus. Von den hinterlassenen Papieren des zu früh Verstorbenen ist bis jetzt Nichts veröffentlicht worden, und es steht zu befürchten, dass das gesammte einschlägige Material, welches Remak in den letzten sieben Jahren seines Lebens gesammelt hat, für die Wissenschaft verloren gehen wird.

Seit Remak's Tode zeigt sich das Interesse an den Studien über die physiologischen und therapeutischen Wirkungen des constanten galvanischen Stromes in stetiger und erfreulicher Zunahme begriffen, so dass wir Jahr für Jahr einen nicht unerheblichen Zuwachs an positivem Material zu registriren haben. Leider schrecken die technischen Schwierigkeiten und die steigende Anhäufung verwirrenden Beobachtungsdetails noch immer die Mehrzahl der praktischen und Krankenhaus-Aerzte von einer eingehenden Beschäftigung mit dem constanten Strom ab. So kommt es, dass die Zahl der Aerzte, welche sich mit Erfolg der Förderung einer wissenschaftlichen Elektrotherapie zugewendet haben, noch immer eine auffallend geringe ist. Ich nenne von den deutschen Aerzten, welche das bei Weitem grösste Contingent stellen, Althaus, Baerwinkel, Baierlacher, Brenner, Brückner, v. Bruns, Erb, Erdmann, Eulenburg, Gerhardt, Hasse, Hitzig, v. Krafft-Ebing, M. Meyer, Neumann, Runge, Schiel. Von nicht deutschen Elektrikern sind zu nennen: Benedict, Chvostek, Fieber, Frommhold, Rosenthal, Schulz in Oesterreich-Ungarn, Burckhardt in Basel, Duchenne, Tripier, Onimus, Legros in Frankreich, Russel Reynolds, N. Radcliffe, Fraser in England, Garrat, Beard, Rockwell in Nordamerika, Schivardi, Ottoni, Rodolfi, Ferrario, Ciniselli in Italien, Sycyanko in Russland.

---

1) Application du courant constant au traitement des neuroses. Leçons faites à l'hôpital de la Charité par le professeur Remak. Paris, Germer Baillière 1865. 41 pagg.

Physiologische Vorstudien.

Von dem Stromlauf im menschlichen Körper und von dem Leitungswiderstande der Gewebe.

Die Gesetze, nach welchen die Verbreitung des elektrischen Stromes durch den menschlichen Körper vor sich geht, sind erst in den letzten Jahren Gegenstand genaueren Studiums geworden. Bis dahin waren die physiologischen Vorlagen über diese Frage ziemlich dürftig; mancher Irrthum hat sich bis in die neueste Zeit fortgeschleppt, manche Unklarheit besteht noch jetzt und harrt der Aufklärung.

Der menschliche Körper stellt einen ungleichmässig geformten und aus verschiedenartig leitenden Geweben zusammengesetzten Elektricitätsleiter dar. Wird derselbe in die Kette eingeschaltet, so verbreitet sich der elektrische Strom durch den ganzen Leiter; allein die Vertheilung ist keine gleichmässige. Einerseits bieten die einzelnen Gewebe einen verschiedenen Widerstand dar, andererseits ist auch die Stromdichte an den verschiedenen Querschnitten des Leiters eine sehr verschiedene.

Was zunächst die Stromdichte anlangt, so ist dieselbe am bedeutendsten an den Punkten des menschlichen Körpers, an denen der Strom ein- und austritt, sie ist schon unendlich viel geringer auf der zwischen diesen beiden Punkten gelegenen geraden Verbindungsbahn und nimmt mit der weiteren Entfernung von dem Ein- und Austrittspunkte und der dieselben verbindenden geraden Linie äusserst rasch ab. Da nun also der Strom sich mit dem Aufsetzen der Elektroden auf die feuchte Haut sofort durch den ganzen Körper verbreitet — gleichviel, ob ein constanter oder inducirter Strom eingeleitet wird, so kann man, streng physikalisch genommen, den elektrischen Strom gar nicht auf einzelne Regionen des Körpers beschränken. Allein insofern der Strom für gewöhnlich nur an der Ein- und Austrittsstelle eine zur

Erzielung physiologischer Wirkungen hinreichende Dichtigkeit besitzt, kann man vom praktischen Standpunkte aus ganz wohl von einem Localisiren des Stroms sprechen.

Dasselbe gilt von der Stromrichtung, resp. von der Möglichkeit, dem Strome einen bestimmten Weg anzuweisen. Auf der geraden Linie, welche man sich vom Ein- zum Austrittspunkte gezogen denkt, ist die Stromdichte zwar schon eine unendlich viel geringere, als an der Ein- und Austrittsstelle, und bei der Anwendung gewöhnlicher Stromstärken nicht mehr hinreichend, um Reizungserscheinungen auszulösen, aber immerhin viel grösser, als im übrigen Körper. Steigert man nun die Stromstärke am Apparat beträchtlich oder wählt man einen Körpertheil (Kopf), in welchem sich nervöse Apparate von aussergewöhnlicher Erregbarkeit oder Leitungsfähigkeit (Gehirn, Retina), befinden, so wird die Stromdichte auf der directen Verbindungslinie zwischen beiden Polen ausreichend sein, um physiologische Wirkungen zu entfalten, welche um so intensiver ausfallen werden, je grösser die Stromintensität, je kürzer zwischen beiden Polen die Bahn, je besser die Leitungsfähigkeit derselben, je grösser endlich die Erregbarkeit der in Mitten gelegenen Organe ist. Dies lässt sich am besten bei der Durchleitung von Batterieströmen durch den Kopf oder Hals demonstriren. An den übrigen Körpertheilen werden nur selten so rel. hohe Stromstärken angewendet, und finden sich auch nicht so reizbare Organe, dass man physiologische Erscheinungen an anderen Orten, als an den Ein- und Austrittspunkten hervorrufen könnte.

Bei der Einleitung von Inductionsströmen beobachtet man nur an den Polen Reizungserscheinungen und es lässt sich deshalb die Möglichkeit des Localisirens mit dem Inductionsstrome am frappantesten demonstriren.

Es kommt also bei der Localisirung wesentlich darauf an, dass der Strom, wenn er den zu reizenden Nerv oder Muskel erreicht, noch die zur Reizung erforderliche Dichte besitzt, mit anderen Worten, dass sich zwischen Haut und Nerv nicht ein besser leitendes Gewebe von grossem Querschnitt befindet, welches den beim Durchgang durch die Haut auf einen relativ kleinen Raum zusammengedrängten Strom rasch in zahlreiche Curven auflöst. Im letzteren Falle würde der Nerv nicht mehr von der Summe,

sondern nur von einem aliquoten Theile der Stromfäden getroffen werden, welcher nicht mehr die zur Reizentfaltung erforderliche Dichte besitzt.

Anders dagegen gestaltet sich die Sache, wenn man durch kräftiges Aufdrücken der Elektroden auf die Haut die darunter gelegenen Weichtheile comprimirt und damit die Entfernung des Nerven von der Stelle der Hautoberfläche, an welcher der Nerv eintritt, vermindert, und zugleich die zwischen der Elektrode und dem Nerven gelegenen Widerstände zu einem grossen Widerstande vereinigt und die gut leitenden Flüssigkeiten verdrängt. Nunmehr wird der Strom, nachdem er die zu einem Widerstande vereinigten Gewebe der Oberfläche, nämlich Epidermis, Corium, Panniculus, Fascien, Muskellagen auf einmal durchbrochen hat, den darunter gelegenen Nerven noch mit einer zur Erregung ausreichenden Dichte treffen. So verhält es sich mit der Localisirung des elektrischen Stromes im Allgemeinen.

Im Einzelnen sind die Verhältnisse nicht so einfach; die anatomische Beschaffenheit der betreffenden Körperregion gestaltet sie complicirter.

Es handelt sich hier zunächst und vor Allem um die Leitungsfähigkeit der der Oberfläche nahe gelegenen Gewebe. In Bezug auf diesen Punkt herrschen in den einschlägigen Arbeiten der Physiologen auffallende Widersprüche, und es erscheint als ein dringendes Bedürfniss, dass diese Frage einmal von competenter physiologischer Seite einer Revision unterworfen werde.

Die erste hieher gehörige Angabe stammt von Ritter, welcher im Anfange dieses Jahrhunderts aussprach, dass der menschliche Körper, mit den Metallen verglichen, einen bedeutenden Leitungswiderstand darbiete, und dass insbesondere die trockenen Horngebilde (Epidermis, Nägel, Haare) einen enormen Leitungswiderstand besässen.

Diese Angabe Ritter's wurde in den dreissiger Jahren von Ed. Weber[1]), Pouillet[2]), Lenz und Ptschelnikoff[3]),

1) Ed. Weber, Quaestiones physiologicae de phaenomenis galvanomagneticis in corpore humano observatis. Lipsiae 1836.

2) Pouillet, Compt. rend. 1837. p. 785. 22. Mai.

3) Lenz und Ptschelnikoff, Poggendorf's Annalen 1842. Bd. 56. p. 429.

und Person[1]), bestätigt. Weber fasste seine Ansicht dahin zusammen, dass der thierische Organismus nur als ein von warmer salzhaltige Flüssigkeit durchströmter Körper und als solcher, die Entfernung der Epidermis vorausgesetzt, 10—20 mal besser leite, denn kaltes destillirtes Wasser.

Matteucci[2]) ging einen Schritt weiter, indem er die Leitungswiderstände der einzelnen Gewebe, insbesondere der Muskeln und Nerven gesondert zu erforschen und mit einander zu vergleichen suchte. Er kam zu dem Resultat, dass die Leitungsfähigkeit der Muskeln viel besser sei, als die der Nerven, des Rückenmarks und des Gehirns, welche nicht erheblich unter sich differirten; dass die erstere sich zu der letzteren verhalte wie 4 : 1.

Schlesinger[3]), der die Untersuchungen von Matteucci wiederholte, fand die Differenz der Leitungsfähigkeit zwischen Muskel und Nervensubstanz etwas geringer (8 : 3). Ferner bemerkte er, dass der Leitungswiderstand der Knochen dem der Nerven gleichstehe und bestätigte von Neuem, dass Epidermis, Haare und Nägel die schlechtesten, die thierischen Flüssigkeiten dagegen die besten Leiter im Körper seien.

Eckhard[4]) nahm die Frage von Neuem auf. Er experimentirte mit einer besseren Methode als seine Vorgänger, indem er vorzüglich die Einflüsse der Polarisation zu vermeiden suchte. Eine vergleichende Untersuchung der Muskeln, Sehnen, Nerven und Knorpel ergab nun zwar kein constantes Verhältniss, welchen Umstand Eckhard auf den wechselnden Gehalt der todten Gewebe an Wasser zurückführen zu müssen meinte; dagegen glaubte er sich berechtigt zu dem Ausspruch, dass die Muskelsubstanz vorläufig als das bestleitende Gewebe im Körper angesehen werden müsse, wenn auch die Differenz im Leitungswiderstande lange nicht so bedeutend sei, als sie Schlesinger und

1) Person, Sur l'hypothèse des courants électriques dans les nerfs. Journal de Physiologie experimentale 1830 T. X p. 21.

2) Compt. rend. 1843, p. 197. 23. Janvier.

Traité des Phénomènes electro-physiologiques des animaux. Paris 1844. p. 97.

3) Zeitschr. der k. k. Gesellsch. der Wiener Aerzte 1852, VII. p. 11 ff.

4) Beiträge zur Anatomie und Physiologie Heft 1. Giessen 1855, pag. 57.

Matteucci gefunden hätten. Setzte Eckhard den Leitungswiderstand der Muskeln = 1, so ergab sich der Leitungswiderstand der Sehne = 1,8 — 2,5, des Nerven 1,9 — 2,4, des Knorpels 1,8 — 2,3. Die compacte Knochensubstanz grösserer Röhrenknochen fand Eckhard 16 — 22 mal schlechter leitend als die Muskeln. Eine Vergleichung dieses Verhaltens der Einzelgewebe mit ihrem Gehalt an Wasser, welcher nach den damals gültigen Angaben für den Muskel 72 — 78 %, die Sehne 62 %, den Knorpel 70—75 %, den Nerven 39—66 %, Knochen 3—7 %, (die Diaphysen) und 12—20 % (die schwammigen Enden) betrug, ergab eine ziemliche Uebereinstimmung und führte zu dem ganz allgemeinen Ergebniss, dass die Leitungsfähigkeit der Gewebe proportional sei ihrem Wassergehalt.

Diese Angaben Eckhard's erscheinen aber nach neueren Versuchen nicht mehr ganz zutreffend; insbesondere scheinen die Zahlen, welche den Wassergehalt der Knochen repräsentiren und von James Stark[1]) herstammen, zu niedrig gegriffen. Friedleben[2]) hat den Wassergehalt der Knochen von Menschen und Thieren von Neuem sehr eingehenden Untersuchungen unterworfen und denselben, je nach der anatomischen Beschaffenheit des Knochens und dem Alter des Individuums, sehr wechselnd aber im Ganzen höher als Stark gefunden. Am wasserreichsten zeigen sich die Knochen bei Neugebornen (vom Foetus sehen wir ab), mit den Jahren werden sie trockener.

Die wichtigsten Resultate der Friedleben'schen Wasserbestimmungen, in tabellarische Form gebracht, gestalten sich folgendermassen:

Es enthalten	I. bei Neugeb.	II. im 1.—2. Lebensj.	III. bei Erwachs.	
Os parietale	18—29 %	21—42 %	14—16 %	Wasser
Costa	26—35 %	44 %	19—38 %	»
Corp. vertebr.	37—49 %	—	44—50 %	»
Diaphysis tibiae	19—24 %	21 %	10—14 %	»
Pars spongios. tibiae	36—54 %	64 %	13—37 %	»

1) Chemical constitution of the bones of the vertebrated animals. Edinburgh med. and surg. Journ. 1845, Vol. 63, p. 311.

2) Ueber den Werth der Wasserbestimmung des Knochengewebes in physiologischer u. pathologischer Hinsicht. Archiv der Heilkunde II. pag. 139 ff. 1861.

Die Resultate der einzelnen Analysen differiren sehr erheblich unter einander, im Grossen und Ganzen zeigt sich jedoch, wie wir sehen, der Wassergehalt der Knochen grösser, als er bisher angenommen wurde.

Allein so vorwiegend wichtig nun auch der Wassergehalt der Gewebe für die Leitungsfähigkeit derselben ist, so ist er doch nicht der einzige Factor, den wir zu berücksichtigen haben. Einerseits ist auch die Grösse des Salzgehaltes und die an der Peripherie doch ziemlich wechselnde Temperatur der thierischen Flüssigkeiten von einiger Bedeutung für die Leitungsfähigkeit. Andererseits ist die histologische Beschaffenheit der wasserarmen Gewebe, vor Allem der Epidermis und der Knochen, wie schon Remak für die Epidermis und Erb für den Knochen hervorgehoben hat, insofern von grosser Wichtigkeit, als die genannten Gewebe von Flüssigkeit führenden Kanälen durchsetzt werden, welche dem Strom den Durchgang gestatten und ihn die schlecht leitenden Gewebstheile vermeiden lassen. An den Knochen bieten die vom Periost in die Rinde des Knochens sich einsenkenden Gefässkanäle, bei der Epidermis die Mündungen der Schweissdrüsen, in geringerem Grade vielleicht auch die der Haarbälge und Talgdrüsen solche Stromwege dar, die um so geeigneter zur Leitung sind, je reichlicher sie Flüssigkeit enthalten.

Auch die Angaben Eckhard's über den Wassergehalt der Muskeln, der Nerven und der Substanz der nervösen Centralorgane und deren Leitungsfähigkeit sind von Ranke[1]), der neuerdings jene Zahlenwerthe an frischen thierischen Geweben prüfte, erheblich zu niedrig befunden worden.

Wir stellen die von Ranke gewonnenen Resultate mit denen der anderen Autoren der Uebersichtlichkeit wegen wieder in tabellarischer Form zusammen.

---

1) J. Ranke der Tetanus. Leipz. 1865. pag. 40 ff. und: die Lebensbedingungen der Nerven. Leipz. 1868. pag. 44.

	Mensch Erwachsener		Mensch Neugeborner	Ochs	Hund	Frosch	Katze	Feldhase	Kaninchen
Blut	80,5 (E. Bischoff)		85,0 (Bischoff)	79,3 (Ranke)	78,9 (Ranke)	88,3 (Ranke)			
Graue Gehirnsubstanz	85,0 (Lassaig.)	77,2 (Ranke)	88,6 (Bischoff)	87,6 (Ranke)	86,4 (Ranke)				
Weisse »	73,0 (Lassaig.)				73,0 (Ranke)				
Graue Rückenmarkss.	71,0 (L'Hérit.)	70,8 (Ranke)	81,8 (Bischoff)		87,8 (Ranke)	89,6 (Ranke)			
Weisse » »	65,0 (v. Bibra)				70,1 (Ranke)				
Nervensubstanz	77,0 (Ranke.)	39—68 (v. Bibra)	64,5 (v. Bibra)		62,0 (Ranke)	72,3 (Ranke)	56,5 (v. Bibra)	64,4 (v. Bibra)	57,5 (v. Bibra)
Muskel	81,2-84,8 (Ranke)		87,8 (Bischoff)	77,5 (Ranke)		80,5 (Ranke)			
Leber	76,1 (v. Bibra)		82,5 (Oidtmann)						
Elastisches Gewebe	70,4 (Schultze)								
Bindegew. Fettgew.	80,9 (Ranke)								
Bindegew. Cornea	75,8 (His)								
Bindegew. Lederhaut	57,5 (Wienholt)	79,1 (Ranke)							
Knochen. Os parietale.	14—16 (Friedl.)		18—29 (Friedleben)						

Aus der vorstehenden Tabelle ergiebt sich, dass — von der Haut und den Knochen abgesehen — der Wassergehalt aller übrigen Gewebe, welche beim Durchgang des Stromes durch den menschlichen Körper vorzüglich in Frage kommen, so ziemlich gleich ist. Besonders wichtig ist für uns die Thatsache, deren Kenntniss wir Ranke verdanken, dass der Wassergehalt der Nervensubstanz dem des Muskels fast gleich ist. Auch machen die im Verfolg dieses Befundes von Ranke [1]) angestellten Bestimmungen der Differenz des Leitungswiderstandes von Muskel und Rückenmark es wahrscheinlich, dass das Rückenmark sogar etwas besser leite als der lebende Muskel (Verhältniss des Leitungswiderstandes des ersteren zu dem letzteren wie 1 : 1,2).

Sollten diese Angaben auch von anderer Seite bestätigt werden, so würde sich die Frage vom Stromlauf im thierischen Körper wesentlich vereinfachen. Wir würden dann Ranke's allgemeinen Satz, dass der galvanische Leitungswiderstand der verschiedenen lebenden thierischen Gewebe (die Oberhaut und die Knochen ausgenommen) nur sehr geringe Verschiedenheiten zeigen, einfach adoptiren können.

Es darf hiebei freilich nicht übersehen werden, dass dieser Satz, wenn er auch dem praktischen Bedürfnisse im Allgemeinen genügen dürfte, doch nicht in jedem Einzelfalle den thatsächlichen Verhältnissen genau entsprechen würde. Der Wassergehalt der Gewebe differirt nicht nur sehr erheblich je nach dem Alter des Individuums, so dass z. B. im Gehirn der Wassergehalt nach L'Héritier beim Kinde 82,7, beim Jüngling 74,2, beim Erwachsenen 72,1, beim Greis 73,8 beträgt; sondern es wird auch nach den Untersuchungen von Ranke wahrscheinlich, dass der Wassergehalt nicht einmal in allen Muskeln ein und desselben Individuums (Kaninchen) der gleiche ist. Die Grösse des Wassergehaltes steht nämlich, wie es scheint, in umgekehrtem Verhältniss zur Leistungsfähigkeit der Muskeln und in gradem Verhältnisse zu der wirklich geleisteten Arbeit.

Diese Momente, obwohl theoretisch interessant genug, fallen hier jedoch praktisch nicht ins Gewicht. Halten wir zunächst fest, dass der Strom nach Ueberwindung des grossen Wider-

1) Tetanus, pag. 46.

standes der Epidermis resp. der Knochen alle zwischen den Polen gelegenen Organe ziemlich gleichmässig durchsetzt, dass jedoch die Stromdichte am stärksten sein muss in den Geweben, welche den grössten Wassergehalt und deshalb den geringsten Leitungswiderstand darbieten, nämlich in den Blutgefässen, den Muskeln, dem Bindegewebe und vor Allen, wie ich weiter unten nachweisen werde, in den Augäpfeln und im Gehirn.

Widerstände, welche sich auf dem geraden Wege dem Strom etwa darbieten, werden entsprechend der Grösse des Leitungshindernisses entweder umgangen oder von dem Strome, wenigstens von einem Theile desselben durchbrochen, auch wenn die Möglichkeit einer Abgleichung der Elektricität auf besser leitenden Wegen gegeben ist. Je geringer der betreffende Widerstand ist, um so unmerklicher wird die Ueberwindung desselben vor sich gehen; je grösser und nervenreicher derselbe ist, um so lebhafter werden die Reizerscheinungen an diesen Punkten zu Tage treten.

Stellt man drei oder vier Personen so neben einander, dass sich immer je zwei mit der Dorsalfläche der Vorderarme berühren, und erhält man die Berührungsflächen durch interponirte mit warmem Wasser getränkte Schwämme feucht, so kann man, die Kette an der ersten und letzten Person schliessend, bei jeder von beiden eine Muskelcontraction erzielen, ohne dass die mittleren Personen ausser einem leisen Schmerzgefühl an der Berührungsstelle etwas von dem durchgehenden Strome verspüren. Lässt man aber die Berührungsflächen kräftig gegen einander drücken, so treten bei Allen Contractionen der unter den Contactflächen oberflächlich verlaufenden Muskeln hinzu. Verbindet man endlich die vier Personen durch die wohl befeuchteten Volarflächen der Hände, und schliesst die Kette auf der 1. und 4. Person, so wird bei allen lebhafter Schmerz in den Handflächen und Vorderarmen und bei erheblicher Stromstärke auch Reflexcontractionen in den Beugemuskeln der ganzen Oberextremitäten eintreten.

Leitet man einen galvanischen Strom von 10—15 S. El. an der Schläfe der 1. und 3. Person ein, während die Verbindung mit dem Mittelgliede der Kette durch die angefeuchteten Handflächen hergestellt ist, so bemerkt Nr. 1 und 3 beim Ketten-

schluss einen deutlichen Retinablitz, während Nr. 2 absolut Nichts verspürt. Wird die Verbindung aber so hergestellt, dass Nr. 1 und 3 die Mittelperson nur mit der angefeuchteten Spitze des Zeigefingers an je einer Schläfe berühren, so nimmt auch die Mittelperson beim jedesmaligen Kettenschlusse den Retinablitz wahr.

Wir sehen also, dass der Strom die Widerstände überwindet, welche die 6—8 fach eingeschaltete Epidermis und Lederhaut darbietet, dass aber dabei die in den Widerständen befindlichen sensiblen Nerven eine Reizung erfahren, weil sämmtliche Stromfäden, in welche sich der positive Strom nach dem Eintritt in den ersten Körper aufgelöst hat, sich an der Uebertrittsstelle zur zweiten Person zur ursprünglichen Dichte wieder zusammendrängen, um sich nach Ueberwindung des Widerstandes, welche ohne schmerzhafte Erregung der innerhalb desselben sich befindenden Gefühls-Nerven nicht vor sich gehen kann, in dem zweiten Körper wieder in derselben Weise aufzulösen u. s. w.

Erb [1]) hat diesen Versuch modificirt, um zu beweisen, dass der Strom auch dann zu einem guten Theile dem kürzesten Verbindungswege zwischen den Elektroden folge, wenn sich auf demselben bedeutende Leitungswiderstände entgegenstellten. Kreuzt man die Arme einer Versuchsperson so über einander, dass sich die befeuchteten Beugeflächen ungefähr 3 Zoll über dem Handgelenke berühren und lässt man nun einen Strom von 20 Elementen in die Dorsalflächen der Vorderarme vis-à-vis der Kreuzungsstelle eintreten, so entsteht nicht blos unter den Elektroden auf den Streckflächen, sondern auch an den Contactstellen der Beugeflächen Brennen, und man bemerkt nach einiger Zeit hier wie dort eine intensive, aber fleckige Röthe. Es unterliegt keinem Zweifel, dass hier der Strom zum Theil quer durch die Vorderarme geht und den Widerstand der interponirten zwiefachen Hautschicht nicht scheut.

Diese Thatsache aber, so auffallend sie auch auf den ersten Blick erscheinen mag, wird verständlicher, wenn man erwägt, dass sich auf dem längeren Wege durch die Oberarme und den Rumpf doch auch zahlreiche Widerstände darbieten, welche ein-

---

1) Deutsches Archiv für klin. Medicin Bd. III. pag. 246.

zeln vielleicht weit geringer als der der doppelten Vorderarmoberhaut, zusammengenommen aber vielleicht eben so gross sein mögen, als jene. Es besteht ja doch dieser längere Weg nicht aus einer gleichmässigen, ununterbrochenen Schichte gut leitenden Muskelgewebes; der Strom muss vielmehr ausser den Muskeln die Sehnen durchlaufen, die Fascien und Gefässwände durchbrechen und die Gelenke umkreisen.

Es kann also aus diesem Versuche nur geschlossen werden, was auch meine weiter unten anzuführenden Versuche über denselben Gegenstand bestätigen, dass erhebliche Leitungswiderstände, wenn sie nicht so beträchtlich sind, wie der einer liniendicken Schwiele in der Hohlhand eines Arbeiters, keine absoluten Hindernisse für das Durchfliessen des Stromes sind, selbst wenn sich andere vielleicht besser leitende Bahnen für die Abgleichung des Stromes darbieten. Sie beweisen aber, wie schon Brenner [1]) bemerkt hat, durchaus nicht, was Benedikt [2]) daraus gefolgert hat, »dass der Strom in seiner grössten Intensität entgegen den gangbaren physikalischen Begriffen den kürzesten Weg trotz der Leitungshindernisse gewählt habe, während man hätte erwarten sollen, dass er durch die besser leitenden inneren Gewebe von einem Arm zum andern fliessen werde.«

Kein physikalisch denkender Arzt wird glauben, dass der elektrische Strom sich in dem menschlichen Körper nach anderen als physikalischen Gesetzen verbreiten werde, und es kann wohl keine andere Meinung Platz greifen, als die, dass der Strom nach den bekannten Gesetzen der Stromverzweigung durch alle sich ihm darbietenden Wege Zweigströme senden wird, deren Dichte dem Leitungswiderstande jedes einzelnen Weges umgekehrt proportional sein muss.

Ich habe, um für diesen Versuch vergleichbare Zahlenwerthe zu gewinnen, Messungen der Stromquantitäten angestellt, indem ich zwei Zinkschaufeln, in welche die Drähte der Spiegelboussole ausliefen, zwischen die Beugeflächen der Vorderarme

---

1) Untersuchungen und Beobachtungen auf dem Gebiete der Elektrotherapie. II. pag. 219.

2) Elektrotherapie. pag. 44.

applicirte und zwar vermittelst eines zwischen die Hautflächen interponirten Stückchens warmen feuchten Lebergewebes.

Der Magnetspiegel der Wiedemann'schen Boussole gab bei Durchleitung eines Stromes von 20 Elementen durch die gekreuzten Vorderarme eines Assistenten, die Elektroden auf den correspondirenden Stellen der Streckflächen applicirt, einen Ausschlag von 36,3°.

An der Leiche betrug bei derselben Anordnung der Ausschlag bei 10 S. El. = 8,5°, bei 15 S. El. = 19,7°, bei 20 S. El. = 28,2°.

Löste ich nun die Vorderarme im Ellbogengelenke vollständig ab und isolirte die in der gekreuzten Stellung verbleibenden Vorderarme, so betrug der Ausschlag bei 10 El. = 15,9°, bei 15 El. = 31,7°, bei 20 El. = 48,5°.

Wir können hieraus mit einiger Wahrscheinlichkeit schliessen, dass bei dem Erb'schen Versuch etwa die Hälfte der Stromcurven quer durch die Vorderarme, die andere Hälfte durch Arme und Rumpf sich abgleichen.

Die grösste praktische Bedeutung hat zur Zeit die Frage nach der Leitungsfähigkeit der Nerven und der Centralorgane des Nervensystems, sowie auch die Frage nach der Leitungsfähigkeit der Knochen, insofern diese die nervösen Centralapparate einschliessen.

Ich habe bis zum Jahr 1866 die Ansicht vertreten, dass die Centralorgane des Nervensystems durch die starke Umhüllung mit Weichtheilen und Knochen dem elektrischen Strome unzugänglich seien, solange derselbe in mässiger Stärke angewandt werde. Die bei der Galvanisation des Kopfes entstehenden Gehirnerscheinungen als Schwindel, Ohnmacht, Uebelkeit, glaubte ich als das Resultat der Galvanisirung der sensiblen und Sinnesnerven, auffassen zu müssen. Meines Erachtens könne deshalb, sagte ich Seite 58 der III. Auflage dieses Buches, von einer »methodischen Behandlung des grossen Gehirns« oder einer »direkten katalytischen Einwirkung auf das Rückenmark« (Remak) nicht die Rede sein, wenn man nicht den sicheren Boden der Thatsachen verlassen und sich in gewagten Hypothesen ergehen wolle.

Diese meine Ansicht, welche sich zur Zeit, als sie ausgesprochen wurde, durchaus auf dem Boden der Thatsachen befand, ist von Seite der Remak'schen Anhänger und Nachfolger

als eine ketzerische lebhaft angegriffen worden. Benedikt [1]) klagt mich an, grosse Verwirrung in die Elektrotherapie gebracht zu haben, weil ich die Knochen beim Menschen für nahezu undurchdringlich für den Strom halte. Benedikt bezieht sich hierbei auf Versuche von Erb (übrigens erst 1867, also ein Jahr nach dem Erscheinen der III. Auflage meines Buches veröffentlicht), welche bewiesen, dass die Gehirnmasse innerhalb der Schädelhöhle dem Strome zugänglich sei. »Die klini- »schen Thatsachen, fährt Benedikt fort, liessen längst daran »nicht zweifeln. Wenn man den Kupferpol an den Nacken setzt »und den Zinkpol an die Schläfe jener Kopfhälfte, in welcher »eine Hämorrhagie statt gefunden hat, und der Kranke hebt »nach einer Minute, wie man dies manchmal sieht, den früher »gelähmten Arm in die Höhe, wenn man ferner die el. musk. »Contractilität in den gelähmten Theilen sinken sieht, wenn man »längere Zeit durch den Kopf galvanisirt hat, wenn man wei- »ters eine Bronchial- oder Intercostal-Neuralgie oder selbst »eine excentrische Ischias coupirt oder sich sofort bessern sieht, »wenn man eine bestimmte Galvanisationsweise am Kopfe vor- »nimmt, wenn man bei Durchleitung des Stromes durch den »Kopf Schwindel, eklamptische Anfälle etc. hervorruft, so gehört »eine grosse theoretische Befangenheit dazu, gegenüber tausend- »fach beobachteten Thatsachen das Durchgehen des Stromes »durch den Kopf leugnen zu wollen. Es gibt keine grössere »Gefahr in den klinischen Wissenschaften, als eine schmale phy- »siologische Basis bereit genug zu finden.«

Den Schluss des vorstehenden Abschnittes, den ich nach dem Vorangegangenen auf mich beziehen muss, acceptire ich als ein Compliment. Denn ich erachte es für erheblich nützlicher und den Interessen der wissenschaftlichen Forschung förderlicher, wenn man gegenüber so vieldeutigen Erscheinungen, wie die von Benedikt angeführten, sich die nöthige »theoretische Befangenheit« bewahrt und es vorzieht, auf einer schmalen physiologischen Basis Schritt für Schritt vorwärts zu gehen, als auf der breitgetretenen Heerstrasse elektrotherapeutischer Theorien, unbekümmert um physikalische und physiologische Thatsachen, vorwärts zu eilen.

---

1) l. c. Elektrotherapie. pag. 47.

Die Momente, welche mich veranlassten, eine direkte Einwirkung des elektrischen Stromes auf das Gehirn und Rückenmark, wenn in mässiger Stärke angewendet, zu negiren, waren folgende:

Inductionsströme von relativ grosser, bis zur Grenze des Erträglichen gesteigerter Intensität am Kopf applicirt, haben heftige Reizungen der sensiblen, geringe der Sinnesnerven, aber keine Gehirnerscheinungen zur Folge.

Galvanische Ströme haben dagegen schon bei geringer Intensität (10—15 S. Elemente) ausser mässiger Reizung der sensiblen Nerven sehr lebhafte Reizung der Retina resp. des Acusticus und Schwindel sowie bei längerer Dauer Ohnmacht, Uebelkeit etc. zur Folge. Diese Erscheinungen treten auch ein, wenn die Pole am Nacken oder am Unterkiefer in der Nähe des Kinnes angesetzt werden; in diesem Falle freilich mit geringerer Intensität. Da also starke Inductionsströme keine Gehirnerscheinungen und geringe Sinnesnervenreizung, der galvanische Strom dagegen schon bei geringer Intensität Gehirnerscheinungen, aber nie ohne gleichzeitige Licht- resp. akustische Phänomene zur Folge hat, so schien es mir wahrscheinlicher, dass die Einwirkung des galvanischen Stroms auf das Gehirn eine physiologische, durch die Sinnesnerven centripetal übertragene Reizung, als dass sie eine physikalische, durch direkten Durchgang des Stroms durch die Schädeldecke bedingte sei.

Von besonderer Wichtigkeit erschien hiebei der grosse Leitungswiderstand des Knochens, wenn derselbe auch nach Friedleben's Analysen etwas wasserreicher sein mag, als es Stark früher angab.

Die von Remak, Benedikt u. A. beobachteten klinischen Erscheinungen, welche von diesen Beobachtern als Resultat der Galvanisirung des Gehirns betrachtet wurden, konnten, soweit sie zuverlässig waren, ganz wohl auf dem Wege des Reflexes gedeutet werden.

Erb [1]) hat nun im Jahre 1867 diese Frage einer experimentellen Untersuchung unterworfen, welche den ersten Schritt zur Lösung der Frage hat thun lassen. Er machte zunächst

1) D. Archiv für klin. Medicin. Bd. III. p. 247. ff. 1867.

darauf aufmerksam, dass bei der Beurtheilung der Durchgangsfähigkeit der Schädelknochen für elektrische Ströme der Leitungswiderstand der Schädelknochen nicht so sehr in Betracht käme, als vielmehr die histologische Anordnung des Knochengewebes, insofern die compakte Knochenmasse durchbrochen sei von zahlreichen, dichtstehenden und feinen Gefässcanälchen, welche einerseits mit den Gefässen in den Markräumen, andererseits mit den Gefässen des Periosts in Verbindung stünden und mit Blut gefüllt zahlreiche Wege für den Strom darstellten, die mit geringen Umwegen durch die ganze Dicke des Knochens führten. Ausserdem seien noch die zahlreichen grösseren und kleineren Emissarien, sowie die Nähte als gute Stromwege in Anschlag zu bringen.

Um den direkten Beweis für die Durchgängigkeit der Schädeldecken zu erbringen, applicirte Erb auf das durch Aussägung eines Stückes der Schädeldecke freigelegte Gehirn einer Leiche ein isolirtes Froschpräparat und leitete dann sowohl galvanische als inducirte Ströme quer durch den Kopf. Beide Stromesarten in einer Stärke angewendet, wie sie beim Menschen therapeutisch anwendbar ist, riefen deutliche Zuckungen des Froschpräparates hervor.

Diese Versuche bewiesen jedenfalls, dass Stromschleifen durch das Gehirn gehen. Ebenso wurde es durch Versuche, welche Erb an dem freigelegten Rückenmark einer Leiche mittelst des Froschpräparates anstellte, sowie durch Beobachtungen an Lebenden höchst wahrscheinlich gemacht, dass auch in das Rückenmark Stromschleifen eingeleitet werden könnten.

Es leuchtet ein, dass diese Ergebnisse der Erb'schen Versuche von fundamentaler Bedeutung für die ganze Frage von der therapeutischen Anwendung galvanischer Ströme bei Gehirn- und Rückenmarkskrankheiten sein mussten und es erschien deshalb eine Wiederholung derselben nach anderen Methoden sehr wünschenswerth.

Solche Controlversuche sind zuerst von Burckhardt[1]) in Basel angestellt. Der nächte Zweck derselben war freilich

---

1) Ueber die polare Methode. D. Archiv f. klin. Med. 1870. VIII. pag. 100 ff.

ein anderer. Burckhardt wollte die Behauptung Brenner's [2]), dass die Möglichkeit, einen elektrischen Strom in einer bestimmten Richtung durch den unverletzten menschlichen Körper zu leiten der methodischen Zuverlässigkeit entbehre, dass dagegen die Einwirkung der Pole eine sichere, stets sich gleich darstellende sei, auf ihre Richtigkeit prüfen. Allein es ergaben sich hierbei auch wichtige Resultate für die Klärung der Frage von der Durchgängigkeit der knöchernen Umhüllungen des Gehirns und Rückenmarks für den elektrischen Strom.

Burckhardt bediente sich einer (inconstanten) Hipp'schen Zinkkohlen-Batterie von 24 Elementen, deren Strom mittelst gewöhnlicher Elektroden, wie sie zu therapeutischen Zwecken im Gebrauch sind, eingeleitet wurde. Eine bestimmte zwischen den beiden Polen gelegene Nervenpartie einer Leiche wurde nun auf Stromdurchgang und Stromrichtung geprüft, indem von dem durchgehenden Hauptstrom Zweigströme mittelst Zinkschaufeln oder Stahlnadeln, welche bis in die Nähe der Spitze durch einen Siegellacküberzug isolirt waren, zu einem kleinen Galvanometer mit einigen hundert Windungen und astatischer Nadel abgeleitet wurden. Die Versuche wurden an den Leichen alter Leute angestellt, und zwar in folgender Weise:

Am Schädel wurde, nach der Anlegung von Bohrlöchern durch Einsenken der isolirten Stahlnadeln in das Gehirn der Durchgang elektrischer Ströme und deren Richtung constatirt. Dasselbe geschah mit dem Rückenmark nach Aufbrechen des Wirbelkanals, an den Nervenstämmen der Ober- und Unter-Extremitäten sowie am Halssympathicus, nachdem dieselben frei präparirt und durch Holzspähne in bestimmter Ausdehnung isolirt waren.

Die Application des Hauptstroms geschah bei der Prüfung der Durchgängigkeit des Gehirns aussen am Schädel, entweder in den Schläfen oder an Stirn und Nacken; für das Rückenmark und die peripherischen Nervenstämme oben und unten an der Wirbelsäule resp. an der betreffenden Extremität peripherisch von dem zu prüfenden Nerven; für den Sympathicus am Winkel des Unterkiefers und am Manubrium sterni. Einige Versuche wurden auch an einer Leiche angestellt, an welcher die Blutcircula-

2) L. c. II. p. 77.

tion durch rhythmische Einspritzung von warmem Salzwasser in die Aorta so erfolgreich nachgeahmt wurde, dass sich die injicirte obere Körperhälfte erwärmte, die Venen des Arms prall aufschwollen, die Muskelstarre abnahm und von den Schnittflächen warmes Wasser abfloss.

Alle diese Versuche ergaben positive und übereinstimmende Resultate. Es stellte sich heraus, dass sowohl das Gehirn als das Rückenmark, die Nervenstämme und der Sympathicus bei der beschriebenen Stellung der Pole von Stromschleifen durchsetzt wurden, welche, als Zweigströme abgeleitet, nicht unbeträchtliche Ablenkungen der Magnetnadel bewirkten. Es stellte sich ferner heraus, dass die durchsetzende Stromschleife mit der Commutation des Hauptstroms ebenfalls sofort ihre Richtung in die entgegengesetzte veränderte. Es ergab sich endlich, dass man den Strom auch auf die grossen Nervenstämme mit Sicherheit und in bestimmter Richtung einwirken lassen könne, sowohl, wenn sie allein, als auch, wenn Theile der Plexus oder des Rückenmarks mit eingeschlossen wären.

Burckhardt vermuthet ferner nach den positiven Resultaten, welche er an der mit warmem Salzwasser injicirten Leiche erhielt, dass mit der Circulation sich Leitung und Stromdurchgang bessern und deshalb sich die Verhältnisse am Lebenden noch günstiger für die Galvanisirung der betreffenden Organe gestalten dürften, als er dies an der Leiche gefunden habe.

Die Stellung der ableitenden Nadelspitzen der Nebenschliessung zur Stellung der Hauptelektroden erwies sich als wesentlich und entscheidend für die Intensität der Zweigströme. Nur wenn die Nadelspitzen in der geraden Verbindungsbahn zwischen den Hauptelektroden standen, war der Ausschlag bedeutend; mit der Abweichung von derselben sank derselbe rasch, auch wenn die Entfernung von den Eintrittsstellen des Hauptstroms dieselbe blieb. Für die Stärke der Nadelablenkung, also die Intensität der Zweigströme, zeigte sich ferner die Entfernung der Fusspunkte des ableitenden Bogens von einander von wesentlichem Einfluss. Befanden sich z. B. die auf der geraden Verbindunglinie zwischen beiden Polen eingesenkten Nadeln nur $^1/_2$ Ctm. von einander entfernt, so ergab sich nur ein Nadelausschlag von einigen Graden; dagegen betrug der Ausschlag 15—20°, wenn die Nadeln 2—4 Ctm. von einander entfernt in den frei präparirten Nerven

(und zwar wie im ersten Falle auf der geraden Verbindungslinie zwischen den Hauptelektroden) eingesenkt wurden.

Diese Erscheinung ist, wie kürzlich schon Brückner [1]) ganz richtig bemerkt hat, lediglich auf diejenigen physikalischen Bedingungen zurückzuführen, welche für die Intensität der Zweigströme überhaupt massgebend sind. Die Nebenschliessung besteht hier aus Kupferdrahtmassen, also aus einem im Vergleich mit den thierischen Geweben ausgezeichnet gut leitenden Körper. Es wird sich deshalb mit der Einleitung des Hauptstroms der grösste Theil desselben durch die gut leitende Nebenschliessung ergiessen, und es wird deshalb der Nerv oder besser die ausserhalb der Fusspunkte des ableitenden Bogen liegenden Stücke des Nerven eine weit grössere Stromdichte nachweisen lassen, als dieselben enthalten würden, wenn die metallische Nebenschiessung nicht angebracht wäre. Selbstverständlich wird auch der Hauptstrom nicht unerheblich an Intensität gewinnen, da die Widerstände bedeutend vermindert sind, und es wird also auch der Nadelausschlag an dem strommessenden Apparat des Hauptstroms um so stärker ausfallen, je länger das von den Stahlnadeln eingefasste Nervenstück ist, je näher also die Fusspunkte des ableitenden Bogens den Eintrittsstellen des Hauptstromes stehen. Es muss die Stromintensität der Batterie mit der Verminderung des ausserwesentlichen Widerstandes erheblich gesteigert werden, wenn es sich um eine inconstante Batterie mit geringem wesentlichen Widerstande (Hipp'sche, Stöhrer'sche Zinkkohlenbatterie ohne Diaphragma) handelt, während die Intensität des Stroms aus Batterien von grossem wesentlichem Widerstande (Siemens'sche) durch Schwankungen der ausserwesentlichen Widerstände nicht erheblich alterirt wird.

Die Richtigkeit dieser schon a priori aus physikalischen Gründen einleuchtenden Deduction hat Brückner weiter durch direkte Versuche an ausgeschnittenen Nerven und Muskelstücken geprüft und die Zunahme des Hauptstroms mit der Zunahme der Entfernung der Nadelspitzen von einander constatirt. Die Intensitätssteigerung der Zweigströme durch Vergrösserung der

---

1) Ueber die Polarisation des lebenden Nerven im Menschen. Art. III. Deutsche Klinik 1871. Nr. 14.

Spannweite hatte übrigens Burckhardt [1]) schon selbst constatirt, ohne jedoch eine Erklärung des Phänomens zu geben.

Die Wichtigkeit der im Vorstehenden mitgetheilten Versuche von Erb und Burckhardt veranlasste mich, dieselben einer eingehenden Prüfung zu unterwerfen. Die Resultate, welche ich hierbei erhielt, waren ebenfalls grösstentheils positiv und es ergaben sich ausserdem Thatsachen, welche für das Verständniss einzelner von den vorerwähnten Autoren nicht berührter Punkte von Bedeutung sein dürften.

Was zunächst die Methode der Untersuchung anlangt, so experimentirte ich einerseits an Leichen und an einzelnen denselben entnommenen Organen, andererseits an frisch geschlachteten und lebenden Thieren. Der Hauptstrom wurde von einer Siemens'schen Batterie geliefert und kam in der Stärke von 1 — 50 Elementen in Anwendung. Die Einleitung geschah mittelst gewöhnlicher, mit Badeschwamm überzogener runder Messingelektrodenplatten von 5 — 15 Centimeter Durchmesser. Schliessung und Oeffnung geschah im metallischen Theil der Kette mittelst eines Du Bois'schen Schlüssels. Der die Zweigströme ableitende Bogen bestand aus kupfernen, durch Guttapercha isolirten Telegraphendrähten, welche zu einer Wiedemann'schen Spiegelboussole liefen. Zur Aufnahme der Zweigströme aus dem polarisirten Organ dienten theils gespitzte Platindrähte oder Stahlnadeln, theils Zinkstäbe, welche in kleine Schaufeln ausliefen. Alle diese Metalltheile waren bis gegen die Spitze hin mit Siegellack isolirt und standen mit den Drähten der Tangentenboussole in leitender Verbindung. Endlich wurden zur Controle auch unpolarisirbare Elektroden nach Du Bois angewendet, da sich an den vorher erwähnten Metallspitzen, wenn dieselben in feuchte Organe z. B. ins Gehirn eingesenkt wurden, Polarisationserscheinungen wahrnehmen liessen. Die Ablesung der Ausschläge des Magnetspiegels an der Tangentenboussole geschah mittelst eines Steinheil'schen Fernrohres. Die zur Untersuchung verwendeten Leichen oder thierischen Theile wurden theils durch Holz theils durch Glas von der Unterlage isolirt.

---

1) l. c. pag. 101 u. 102.

Was zunächst die Intensität der Zweigströme anlangt, so musste dieselbe von zwei Factoren abhängig erachtet werden, nämlich erstens von der Zahl der angewendeten Elemente und zweitens von der Grösse des ausserwesentlichen Widerstandes; ein dritter Factor, nämlich der wesentliche Widerstand der Batterie konnte als ungemein gross und constant für alle Fälle gleichgesetzt werden.

Die Vorversuche, welche die aus physikalischen Gründen nothwendige Abhängigkeit der Intensität der Zweigströme von der Spannweite der Fusspunkte des ableitenden metallischen Bogens beweisen mussten, ergaben dasselbe positive Resultat, welches Burckhardt und Brückner erhielten. Ich prüfte diese Verhältnisse theils an langen Nervenstämmen, welche von den übrigen Weichtheilen des Gliedes bis auf das obere und untere Ende abpräparirt und durch eingeschobene Holzspäne isolirt waren, theils am Rückenmark, welches in derselben Weise frei gelegt, aus dem Wirbelkanal sanft herausgehoben und durch untergeschobene Holzplättchen von der Umgebung isolirt war, also nur noch am obern und untern Ende mit dem übrigen Körper in Verbindung stand, endlich am Musculus sartorius, welcher in derselben Weise wie die grossen Nervenstämme frei präparirt war. Der Strom wurde nicht auf den blossgelegten Theil des zu prüfenden Leiters selbst, sondern auf die am obern und untern Ende des Schnittes gelegenen Weichtheile durch die unverletzte Haut eingeleitet.

Wurden die Aufnahmsspitzen des ableitenden Bogens am isolirten M. sartorius in verschiedenen Zeiträumen 1, 10 und 15 Centimeter von einander entfernt aufgesetzt, so zeigte sich der Ausschlag an der Boussole

	bei 1 Ctm.,	10 Ctm.,	15 Ctm. Spannweite
durch 5 S. Elemente	1,2°	6,1°	24,2°
10 « «	4,2°	15,0°	74,6°

Zugleich zeigte sich eine geringe Zunahme der Intensität des Hauptstroms an der Nadel des Galvanometers in der Hauptleitung.

Andererseits zeigte sich bei gleichbleibender Spannweite des ableitenden Bogens eine Zunahme der Intensität der Zweig-

ströme und des Hauptstroms mit der Vermehrung der Elementenzahl und zwar in ziemlich regelmässiger Progression.

Man ersieht hieraus leicht, dass die Grösse des Ablenkungswinkels an der Boussole keine absoluten Werthe repräsentirt und dass auch ein Rückschluss auf die relative Stromstärke im Ableitungsbogen resp. in den nervösen Organen, an welche der Bogen angelegt wird, nur dann gestattet ist, wenn die Spannweite des Bogens, d. h. die Entfernung der ableitenden Nadelspitzen von einander, unverändert bleibt und eine constante Kette zur Anwendung kommt.

Selbstredend können endlich diese Untersuchungsmethoden nicht als physikalisch und physiologisch tadelfreie betrachtet werden, da einzelne Faktoren z. B. die Veränderungen der Feuchtigkeit in den nervösen Organen, die verschiedenen Widerstände in dem ganzen vom Hauptstrome durchsetzten Gliede u. a. nicht berücksichtigt werden konnten. Wir dürfen deshalb aus diesen Versuchen nur ganz allgemeine und mit Nothwendigkeit sich ergebende Schlüsse ziehen. Es genügt auch zunächst dem Bedürfniss, festzustellen:

1) ob bei der Einleitung galvanischer Ströme, wie sie zu therapeutischen Zwecken am Menschen zur Anwendung zu kommen pflegen, überhaupt messbare Stromschleifen durch die nervösen Apparate hindurchgehen,

2) ob diesen Stromschleifen eine bestimmte Richtung angewiesen werden kann,

3) ob man die Intensität dieser Zweigströme durch Hebung der Intensität des Hauptstroms, d. h. durch Vermehrung der Elementenzahl steigern kann.

Diese drei Fragen werden durch die Ergebnisse meiner Versuche im Einklange mit denen Erb's und Burckhardt's durchweg bejaht.

Zur approximativen Bestimmung der Leitungsfähigkeit der Gehirnsubstanz wurden zunächst Versuche an dem herausgenommenen Gehirn von menschlichen Leichen und frischgeschlachteten Thieren angestellt. Hier ergab sich, was bei dem starken Wassergehalte des Gehirns und dem Mangel erheblicher Widerstände in demselben a priori zu erwarten war, dass die Leitungsfähigkeit eine im Verhältniss zu den übrigen Geweben vorzügliche sei. Ich

liess den Hauptstrom entweder quer durch das Gehirn oder der Länge nach von den Stirnlappen zum Kleinhirn gehen.

Die grösste Intensität der Zweigströme ergab sich, wenn sich die stromableitenden Nadeln auf der geraden Verbindungslinie zwischen beiden Polen befanden. Je weiter ich sie von derselben bei gleichbleibender Spannweite und Elementenzahl entfernte, um so beträchtlicher nahm die Intensität der Zweigströme ab. Dasselbe ergab sich bei Controll-Versuchen an der Leber, an der Milz und anderen Organen.

Eine Versuchsreihe möge als Beispiel dienen:

Menschenhirn. 24 Stunden nach dem Tode. Strom der Länge nach durch eine Grosshirnhemisphäre geleitet.

I. Anordnung. Hauptelektroden 19 Ctm. Entfernung. Zwischen ihnen auf der geraden Verbindungslinie die unpolarisirbaren Elektroden des ableitenden Bogens mit 9 Ctm. Spannweite durch Einschnitt in die Substanz eingelassen.

Zahl der S. Elemente.	Ausschlag des Magnetspiegels.
1	6,8°
2	11,2°
3	21,7°
4	32.6°
5	43,8°

II. Anordnung. Die unpolarisirbaren Elektroden in derselben Stellung. Die Hauptelektroden seitlich von denselben aufgestellt, so dass die Verbindungslinien zwischen den Hauptelektroden einerseits und den Elektroden des ableitenden Bogens andererseits 5 Ctm. von einander entfernt parallel verlaufen.

Zahl der Elemente.	Ausschlag.
1	4,9°
2	7,9°
3	15,2°
4	22,8°
5	31,5°

Wir ersehen aus diesem Versuche, wie bedeutend die Intensität der Zweigströme — selbst bei einem isolirten Organe von geringem Umfange und vortrefflicher Leitungsfähigkeit — abnimmt, sobald man sich von der geraden Verbindungsbahn zwischen beiden Polen entfernt.

Zur Prüfung der Durchgängigkeit der Schädeldecken wurden in den Schädeln von Leichen, frischgeschlachteten Thieren (Käl-

bern) und lebenden Kaninchen an verschiedenen Stellen Bohrlöcher angelegt, die Dura angeschnitten und in jedes Bohrloch eine Glasröhre von der Weite des Bohrlochs bis in die Gehirnmasse eingesenkt, um die Elektroden, welche ausserdem noch mit einem Siegellacküberzug bis in die Nähe der Spitze versehen waren, ganz sicher zu isoliren. Die Nadeln wurden nun durch die Glasröhren in die Gehirnmasse ziemlich tief (etwa $^1/_2$—1 Ctm. von der Basis Cranii entfernt) eingesenkt und in dieser Stellung fixirt.

Nachdem alsdann die Elektroden des Hauptstroms applicirt waren, wurde die Kette mittelst eines Du Bois'schen Schlüssels geschlossen. Dann erst wurde auch der ableitende Bogen mittelst eines zweiten Schlüssels geschlossen und zwar entweder sogleich nach Einleitung des Hauptstroms oder etwas später. Feine Abstufungen der Stromdichte geschahen durch einen in die Hauptleitung als Nebenschliessung eingeschalteten Stöpselrheostaten, der bis zu 1110 S. Einheiten repräsentirt.

Es stellte sich zunächst als constantes Resultat heraus, dass man aus den Centralorganen des Nervensystems Zweigströme des aussen am Schädel oder an der Wirbelsäule eingeleiteten Hauptstroms ableiten kann; ferner dass diese Zweigströme in der Richtung des Hauptstroms fliessen und mit der Umkehr der letzteren auch ihre Richtung in die entgegengesetzte verändern.

Die Intensität dieser aus dem Gehirn und Rückenmark abgeleiteten Zweigströme war im Allgemeinen, wenn die durch die Differenz des Leitungswiderstandes im Hauptleiter und im ableitenden Bogen rein physikalisch bedingte Steigerung der Dichte des Zweigstroms berücksichtigt wird, eine geringe, wie aus den nachfolgenden Zahlen sich ergeben wird.

Die grösste Dichte liess sich nicht nur am Gehirn, sondern auch an allen übrigen Organen auf der geraden Linie zwischen den Polen nachweisen. Mit der Entfernung der Aufnahmsspitzen von derselben nahm die Stärke des Spiegelausschlages rasch ab.

An der Leiche stellten sich die Zahlen ziemlich ebenso, wie an dem frischgetödteten Thier (Kalb, Kaninchen). Etwas

günstiger erschienen die Leitungsverhältnisse beim lebenden Thiere (Kaninchen).

Bei der Prüfung der Wege, welche die nicht durch das Gehirn gehenden Stromcurven nehmen, ergab sich bei Einsenkung der Nadeln in die Nackenmusknlatur bei unveränderter Stellung der Hauptelektroden hinter den Ohren so ziemlich derselbe Ausschlag wie vom Schädelinhalt aus. Allein diese Bestimmungen sind Angesichts der zahlreichen Stromwege, welche der Strom ausserhalb des Schädels findet und bei der Unmöglichkeit, den einzelnen Weg zu isoliren, im Ganzen werthlos.

Von besonderem Interesse erschien aber die ungewöhnliche hohe Stromdichte, welche sich in den Bulbis fand. Die Nadeln wurden durch Siegellack isolirt in einem feinen Glasröhrchen durch einen kleinen in der Sclera angelegten Schnitt der Art in die Bulbi eingesenkt, dass die Spitzen entweder frei im Glaskörper schwebten oder im Augenhintergrunde stacken, und vom Glaskörper Nichts ausfloss. Eine Versuchsreihe von vielen möge hier Platz finden, welche zugleich für die Zweigströme im Innern des Schädels die Zahlenverhältnisse giebt.

I. Anordnung. Leiche eines jungen Mannes. Die Elektroden des Hauptstroms unverrückt hinter den Ohren. 2 Bohrlöcher in den Scheitelbeinen a) auf der geraden Verbindungsbahn zwischen den Hauptelektroden mit 8 Ctm. Entfernung (hintere Bohrlöcher), b) 2 Bohrlöcher parallel mit den ebenbezeichneten, aber 6 Ctm. weiter nach der Stirne zu, ebenfalls 8 Ctm. von einander entfernt (vordere Bohrlöcher).

Zahl der S. El.	Nadeln in den hintern Bohrlöchern. Ausschlag.	Nadeln in den vordern Bohrlöchern. Ausschlag.	Nadeln in den Bulbis. Ausschlag.
5	1,5°	0,6°	1,6°
10	2,1°	1,7°	2,2°
15	2,9°	2,3°	3,5°
20	6,5°	3,2°	4,2°

Wir ersehen hieraus, dass die Stromdichte in den Bulbis trotz der relativ grossen Entfernung derselben von der Axe des Hauptstroms sich grösser erweist, als in den Gehirnpartien, welche sich in der Axe des Hauptstroms befinden.

Setzt man dagegen die Elektroden des Hauptstroms in die Schläfen und senkt die Nadeln des ableitenden Bogens in die Bulbi ein, so ist der Ausschlag im Verhältniss zur Intensität des Hauptstroms enorm gross, wie die nachstehenden Zahlen zeigen.

Zahl der Siemens.-Elemente.	In jedem Bulbus eine Nadel. Ausschlag an der Boussole.
1	6,4°
2	7,3°
3	8,5°
4	9,1°
5	10,0°
6	11,2°
7	13,7°
8	17,5°
9	24,0°
10	34,4°

Die aus diesen Versuchen sich ergebende ausgezeichnete Leitungsfähigkeit der Bulbi forderte zu einer direkten Bestimmung des Leitungswiderstandes des Bnlbus und einer Vergleichung desselben mit dem des Gehirns, des Muskels und der Leber auf. Aus dem Gehirn, der Leber und der Zungenmuskulatur eines soeben geschlachteten Kalbes wurden Stücke von der Grösse der exstirpirten Bulbi desselben Thieres geschnitten, so zwar, dass an den Stellen, an denen die Application der unpolarisirbaren Elektroden Statt haben musste, der Organtheil mit Pia und Arachnoidea resp. mit Leberkapsel oder Zungenschleimhaut überkleidet war. Mit Hülfe eines Siemens'schen Stöpselrheostaten und einer Wheatstone'schen Brücke wurde dann der Leitungswiderstand des vom Binde- und Fettgewebe an der Oberfläche befreiten Bulbus sowie der genannten Organtheile geprüft und nach Siemens'schen Einheiten bestimmt.

Es betrug hiernach der Leitungswiderstand

des Gehirns	=	1693,3	S. E.
des Bulbus	=	2651,2	»
des Muskels	=	6192,0	»
der Leber	=	11592,0	»

Es erhellt aus diesen Versuchen die vorzügliche Leitungsfähigkeit des Bulbus im Verhältniss zn anderen leicht erreichbaren Organen, z. B. zum Muskel. Dieselbe wird nur übertroffen von der des frischen feuchten Gehirns, welches aber immerhin durch seine knöchernen und sonstigen Umhüllungen viel geschützter ist, als die Bulbi, welche vermöge des sie umgebenden saftreichen Bindegewebes mit den Weichtheilen der Wange in sehr gut leitender Verbindung stehen.

Mit diesem Resultate steht der grosse Wassergehalt des Bulbus durchaus in Einklang. Derselbe beträgt nach einer Analyse, welche Herr Coll. von Gorup auf mein Ansuchen vorzunehmen die Güte hatte, 90% (getrocknet bei 110° C.), während das den Bulbus umhüllende Binde- und Muskelgewebe 71,5% Wassergehalt zeigte.

Mit dieser Thatsache fallen alle Schwierigkeiten der Erklärung der abnorm hohen Erregbarkeit der Retina hinweg, Schwierigkeiten, welche kürzlich Benedikt noch veranlassten, die Reizung der Retina und der anderen höheren Sinnesnerven reflektorisch von den sensiblen Nerven aus zu Stande kommen zu lassen. Für diese Annahme fehlt es aber an genügenden Gründen, denn das Moment, welches Benedikt (l. c. p. 62) als beweiskräftig anführt, »dass die subjektive Licht- und Gehörsempfindung immer caeteris paribus der sensiblen Empfindung proportional sei«, kann doch unmöglich ernsthaft gemeint sein. Von diesem Standpunkte aus liesse sich schliesslich beweisen, dass überhaupt alle Effekte galvanischer Reizung Reflexwirkungen und nicht Effekte der durch die Organe gehenden Stromcurven seien.

Versuche, welche ich über die Leitungsfähigkeit des Gehörorgans in Bezug auf Erregung des Gehirns anstellte, ergaben ebenfalls, dass bei Einleitung des Hauptstroms durch den äusseren Gehörgang beiderseits eine grössere Stromdichte im Gehirn über den Felsenbeinen vorhanden war, als bei einfacher Application der Elektroden hinter den Ohren *).

Uebrigens war die Zunahme der Intensität der Zweigströme nicht annähernd so bedeutend, wie bei der Einsenkung der Nadeln in die Bulbi.

Die Versuche, welche ich zur Prüfung der Durchgängigkeit des Rückenmarks und der grossen Nervenplexus und -Stämme für galvanische Ströme nach der von Burckhardt befolgten Methode anstellte, ergaben mir ebenfalls positive Resultate. Ich fand freilich auch hier die Intensität der Zweigströme sehr ge-

---

*) Ich füllte zu dem Zwecke zuerst den einen Gehörgang der Leiche mit Wasser, senkte die Nadel ein und verschloss alsdann den äusseren Gehörgang mit Modellirthon, worauf dann das andere Ohr armirt wurde.

ring, allein dieselbe erwies sich constant, und die Richtung derselben wurde wie im Gehirn durch die Richtung des Hauptstroms bestimmt und wechselte mit dieser.

Beim Rückenmark erwies sich die Methode der Freilegung desselben, nämlich, ob die Wirbelsäule von vorne oder von hinten aufgebrochen wurde, für das Resultat gleichgültig. Auf beiden Wegen erhielt ich, wenn der eine Pol im Nacken und der andere am Kreuzbein stand, ziemlich gleich starke Ausschläge.

Ich prüfte auch die Zungenschleimhaut und Zungenmuskulatur auf den Stromdurchgang, indem ich die Elektroden des Hauptstroms auf die Wangen oder Unterkiefer der Leiche oder des Thieres applicirte und die Nadelspitzen in die Schleimhaut oder die Muskulatur der quer durchschnittenen Zunge einsenkte. Die Ausschläge zeigten sich nur am lebenden Thier erheblich ($4,5^0$ bei 30 S. E.); am todten Thier oder an der menschlichen Leiche war er selbst bei einem Hauptstrom von 40 Elementen sehr gering, was sich wohl aus dem raschen Eintrocknen der der Luft exponirten Gewebe der Mundhöhle genügend erklärt. Denn a priori lässt sich aus der Leichterregbarkeit der Geschmacksnerven nach der Analogie des Sehnerven wohl auch auf eine besonders gute Leitungsfähigkeit der Schleimhäute des Mundes schliessen.

Die Prüfung des Halssympathicus und seiner Ganglien auf Stromdurchgang fiel an der Leiche und am todten Thier, wie bei Burckhardt, positiv aus, jedoch war der Ausschlag bei der von Burckhardt gewählten Anordnung äusserst minutiös.

Ebenfalls positiv war das Resultat bei der Untersuchung der in der geschlossenen Brust- und Bauchhöhle befindlichen Organe. Die Anordnung war hier folgende: Die mit Ausnahme der Spitze vollständig isolirten Stahlnadeln wurden durch die Brust- oder Bauchwand der menschlichen Leiche oder des Thiers in das betreffende Organe eingesenkt und dann der Hauptstrom von 1—50 S. Elementen quer durch den Rumpf geleitet, so zwar, dass sich die Nadelspitzen annähernd auf dem geraden Wege zwischen beiden Polen befanden. Auf diese Weise wurde geprüft Lunge, Herz, Leber, Milz, Darm und Blase. Die Intensität des Zweigstroms war eine geringe (1,5 — 11,3), derselbe war jedoch stets mit Sicherheit nachzuweisen und änderte mit

der Commutation seine Richtung. Man darf hieraus wohl schliessen, dass Stromschleifen auch durch die inneren Organe zu senden sind, wenn man die Pole so applicirt, dass das betreffende Organ auf dem geraden Wege des Hauptstroms sich befindet. Ob diese Stromschleifen aber ausreichend sind, um physikalische oder physiologische Effekte in dem durchströmten Organe zu erzielen, ist eine Frage, welche zur Zeit noch nicht beantwortet werden kann. Wir verweisen, was diesen Punkt betrifft, auf die Erörterungen, welche man im praktischen Theil bei Besprechung der Erklärungsversuche der galvanotherapeutischen Effekte finden wird.

Eine besondere Betrachtung erheischt noch die Leitungsfähigkeit der Nerven. Die alte Ansicht, dass die Nerven die besten Leiter des Stromes seien, konnte man nach den Versuchen und Beobachtungen an Lebenden seit langer Zeit als widerlegt betrachten, um so mehr, als auch die chemischen Analysen im Nerven einen erheblich geringeren Wassergehalt nachwiesen als im Muskel. Trotzdem ist neuerdings diese Ansicht von Benedikt wieder aufgestellt worden und zwar einerseits auf Grund von Untersuchungen des Wassergehaltes der nervösen Organe und ihrer Leitungsfähigkeit, welche Ranke anstellte, andrerseits auf Grund eigener Versuche am Lebenden. Was zunächst den ersten Punkt anlangt, so hat Ranke nur zu beweisen gesucht, dass der Nerv einen grösseren Wassergehalt und eine bessere Leitungsfähigkeit besitze, als früher angenommen. Aus seinen Versuchen geht aber nicht hervor, dass der Nerv in beiden Eigenschaften dem Muskel und dem Fett- und Bindegewebe gleichkäme oder gar dieselben überträfe (vergl. die obige Tabelle auf pag. 18).

Was die eigenen Versuche Benedikt's [1]) anlangt, welche »einen direkten Beweis dafür liefern sollen, dass die Nerven die besten Leiter unter den thierischen Geweben seien«, so hat schon Brenner [2]) die Richtigkeit derselben auf Grund eigener Controlversuche angezweifelt. »Setzt man, sagt Benedikt, den

1) l. c. pag. 46.
2) l. c. pag. 217 ff.

Kupferpol einer Batterie auf den Nerven eines Versuchsindividuums, und nimmt man den Zinkpol selbst in die befeuchtete Hand und streicht mit der anderen befeuchteten Hand über den befeuchteten Oberarm des Versuchsindividuums, so fühlt man selbst die stärkste Zuckung, wenn der tastende Finger über einen Nerven kommt, und kann man mit geschlossenem Auge auf diese Weise diejenigen Punkte finden, wo ein Nerv unter der Haut liegt und wie er verläuft.«

»Dieser Versuch beweist, dass, wenn der Strom den kürzesten Weg durch Nerven einschlagen kann, er viel weniger geschwächt wird, als wenn er durch andere Gewebe fliessen muss, dass also der Leitungswiderstand des Nerven geringer ist, als der Muskeln und Sehnen.«

Ich habe den vorstehenden Versuch genau nach Benedikt's Angabe, sowie mit verschiedenartigen Variationen und an verschiedenen Nerven öfter wiederholt, aber nie ist es mir oder einem meiner Assistenten gelungen, das von Benedikt beschriebene Phänomen wahrzunehmen.

Beim einfachen Hinstreichen mit der Fingerspitze erhält man überhaupt keine Zuckung, sondern nur eine gleichmässige Empfindung, und nur, wenn man den Finger im Fortschreiten von der Haut abhebt und wieder sinken lässt, spürt man einen Schlag. Dieser Schliessungsschlag ebenso wie die dauernde Empfindung beim Streichen zeigt selbstverständlich Schwankungen der Intensität je nach den Schwankungen in der Dicke der Epidermis und in dem Grade der Anfeuchtung der Oberhaut. Dagegen zeigte sich gar keine Beziehung zu den unter der Haut oder in grösserer Tiefe gelegenen Nervenstämmen.

Die Angabe Benedikt's kann hienach nur auf einem Irrthum in der Beobachtung beruhen, und mit der Thatsache fallen natürlich auch die Schlussfolgerungen, welche Benedikt darauf basirte.

Man kann übrigens keinen schlagenderen Gegenbeweis gegen die Behauptung Benedikt's, dass die Nerven einen geringeren Leitungswiderstand böten, als die Muskeln, beibringen, als das eigene Experiment des genannten Autor's, welches er wenige Seiten früher (pag. 47) anführt, um zu beweisen, »dass der Strom im Körper viel weniger und geringere Stromschleifen aussende, als man nach physikalischen Begriffen denken sollte.

Setzt man den Kupferpol auf die Halswirbelsäule und schliesst mit dem Zinkpol über dem Medianus, so wird man z. B. bei 12 Elementen schon Schliessungszuckung bekommen. Schliesst man aber auf der Haut über dem Biceps circa 2 Linien entfernt von der früheren Stelle mit 40 Elementen, so bekommt man keine Spur von Zuckung oder Sensation im genannten Nerven.«

Wären wirklich die Nerven die besten Leiter, wie Benedikt behauptet, so müsste sich der Medianus im zweiten Falle als eine Nebenschliessung von geringerem Widerstande verhalten, d. h. die grösste Quantität des Stroms in sich aufnehmen, und es müsste demnach im Medianusgebiete stärkere Zuckung und Empfindung eintreten, als bei der direkten Reizung mit 12 Elementen.

Man kann auch den Versuch ebenso beweiskräftig in folgender Weise anstellen. Wenn man beide Pole so postirt, dass ein Nervenstamm gerade zwischen dieselben zu liegen kommt, ohne von ihnen berührt zu werden, so müsste der in der Haut und in den darunter gelegenen Weichtheilen sich abgleichende Strom mit ziemlicher Dichte den Nerven durchsetzen und sonach Reizungserscheinungen hervorrufen, wenn der letztere gleiche oder gar bessere Leitungsfähigkeit besässe, als das umgebende Binde- und Muskelgewebe. Dies ist aber, wie der Versuch lehrt, nicht der Fall; vielmehr wird der Nerv, obwohl er in der geraden Verbindungsbahn zwischen beiden Polen sich befindet, umgangen oder doch von so geringen Stromschleifen durchsetzt, dass keine Reizungserscheinungen zur Aeusserung kommen, wohl ein sicherer Beweis, dass die Leitungsfähigkeit des Nerven geringer ist als die des ihn umgebenden Gewebes.

Wir können hiernach nicht umhin, die Ansicht Benedikt's als physikalisch und physiologisch unhaltbar zu bezeichnen und sehen keine Veranlassung, von unserer bisherigen Ansicht, dass die Nerven nicht zu den besten Leitern gehören, abzugehen.

Physiologische Wirkungen des elektrischen Stromes an den einzelnen Organen des Körpers.

Haut.

Die **Haut** erleidet an den Stellen, an welchen der elektrische Strom aus den Elektroden in dieselbe übergeht, stets eine der vorhandenen Strom-Intensität entsprechende Reizung, welche sich durch Schmerzempfindung, Contraction der Hautmuskeln, durch Verengerung und spätere Erweiterung der kleinsten Gefässe zu erkennen giebt. Bei länger dauernder Einwirkung stärkerer Ströme steigert sich die Hyperämie bis zur Exsudation und es treten zugleich chemische Wirkungen des Stromes in die Erscheinung.

Der Hautschmerz ist selbstverständlich um so intensiver, je grösser der Reichthum der betreffenden Hautstelle an sensiblen Nerven ist; daher bei gleicher Stromstärke im Gesichte, am Halse und an den Händen viel intensiver als am Rücken, an den Armen u. s. w.

Der Schmerz fällt ferner weit stärker aus, wenn man den Strom durch trockene metallische Elektroden-Enden in die Haut eindringen lässt, als wenn man die Epidermis mit warmem Wasser anfeuchtet und die Contactflächen der Stromgeber mit feuchten Schwämmen bekleidet. Der Grund für diese Erscheinung liegt in dem schon besprochenen grossen Leitungswiderstande der trockenen Epidermis. Wird der letztere durch Anfeuchtung und Auflockerung der Epidermis sowie durch Einschiebung des nassen Schwammes als feuchten Leiters herabgesetzt, so wird, obwohl nun überhaupt mehr Elektricität in den Körper übertritt als bei trockener Beschaffenheit der Epidermis und der Metallflächen, doch der Hautschmerz viel geringer sein, weil der Strom in einem viel grösseren Querschnitte, nämlich in dem der ganzen feuchten Contactfläche eintritt.

Dagegen ist bei Anlegung trockener, metallischer Elektroden an die unbefeuchtete Epidermis das Quantum der in

den Körper übergehenden Elektricität überhaupt viel geringer, und um so mehr abnehmend, je dicker und trockener die Hornschicht der Oberhaut ist. Die schwielige Epidermis in der Vola manus eines Handarbeiters oder an der Fusssohle eines Barfussgängers leitet den Strom gar nicht, und man muss hier, schon um eine Reizung der Hautnerven zu erzielen, die obersten Hornschichten durch Anfeuchtung leitend machen. Es ist indessen keine Frage, dass man bei mässiger Dicke der Epidermis, auch wenn dieselbe ebenso wie die metallischen Contactflächen der Stromgeber völlig trocken ist, durch beträchtliche Steigerung der Stromstärke und festes Aufdrücken der Elektroden dem Strome eine für die Erregung oberflächlicher Muskeln und Nerven genügende Dichtigkeit verleihen kann; allein der auf diese Weise entstehende Hautschmerz ist äussert intensiv.

Die Ursache dieser heftigen Erregung der Hautnerven müssen wir mit Fick [1]) und Rosenthal [2]) in der Auflösung des aus der Elektrode in die Haut sich ergiessenden Elektricitätsstromes in einzelne Strahlen suchen, welche bei dem grossen Leitungswiderstande der trockenen Epidermis überall da sich sammeln und in die Haut eintreten, wo die Epidermis von der Mündung einer Schweissdrüse, einer Talgdrüse oder eines Haarbalges durchbohrt ist. In jedem einzelnen Strahle besitzt das strömende Agens eine grosse Dichtigkeit, weil hier auf einen sehr kleinen Querschnitt verhältnissmässig viel Elektricität zusammengedrängt ist. Jeder einzelne Strahl besitzt aber an sich doch nicht eine für die Muskelerregung ausreichende Dichte und zu einer gemeinsamen Action der Strahlen kommt es nicht, da sich jeder Strahl sofort nach seinem Durchtritt durch die Cutis auflöst. Daher die heftige und ausgedehnte Erregung der Hautnerven und das Ausbleiben von Muskelcontractionen.

Drückt man dagegen mit der Elektrode die Haut kräftig gegen die Oberfläche der Muskeln, so erfolgen, wie oben angeführt, oberflächliche Contractionen; die Auflösung der Strahlen geschieht alsdann erst in der Muskelsubstanz, welche hierbei von der Summe der noch mit hinreichender Dichtigkeit versehenen Stromstrahlen gereizt wird.

---

1) Medicinische Physik. II. Aufl. 1866. pag. 372.

2) Elektricitätslehre für Mediciner. II. Aufl. Berlin 1869. p. 186 ff.

Diese Auflösung des Inductionsstromes in zahlreiche Strahlen hat Duchenne schon längst für solche Fälle, wo eine blosse Hautreizung beabsichtigt wurde, dadurch zu befördern gesucht, dass er den trockenen Elektrodenknopf durch den jetzt allgemein gebräuchlichen Pinsel von Metallfäden (Elektrische Geissel) ersetzte. Hier wird schon in der Elektrode der Strom in so viele Strahlen zerlegt, als Metallfäden in dem Besen vorhanden sind, und die Reizung wird zugleich über eine grössere Fläche ausgedehnt, als es bei Anwendung eines einzelnen Metallknopfes der Fall ist.

Sind also Zerlegung des elektrischen Stromes in zahlreiche Stromfäden und trockene Beschaffenheit der Epidermis die zweckentsprechendsten Bedingungen für eine kräftige Erregung der Hautnerven, so ist auf der anderen Seite zur Vermeidung des Hautschmerzes und zur Erzielung möglichst schmerzloser Muskelcontractionen die sorgfältige Anfeuchtung der Epidermis mit warmem (salzhaltigem) Wasser, die Umhüllung des Metallknopfes der Elektrode mit einem feuchten Leiter (feinem Badeschwamm) und endlich ein kräftiges Aufdrücken der Elektroden sowohl aus empirischen als aus physikalischen Gründen zu empfehlen.

Das kräftige Aufdrücken der Elektroden ist, wie oben ausgeführt wurde, schon deshalb nöthig, um dem Strome die für die Erregung tiefer gelegener Muskeln und motorischer Nerven erforderliche Dichte zu erhalten; nicht minder wichtig jedoch ist das Verfahren zur Minderung des Hautschmerzes. Die ärztliche Erfahrung beweist zur Genüge, dass energische Compression eines sensiblen Nerven je nach der Intensität des Druckes schwächend oder lähmend auf ihn einwirkt und ihn für einen anderen, gleichzeitig einwirkenden Reiz leitungsunfähig macht. Es erklärt sich hieraus die alltägliche Beobachtung, dass bei der Faradisirung der Hautschmerz da am stärksten ist, wo der nöthige Gegendruck fehlt, und da am geringsten, wo die Haut eine feste Unterlage hat und deshalb eine sichere Compression des Nerven gestattet.

Die Qualität des Schmerzes ist übrigens bei den beiden gebräuchlichen Stromesarten verschieden. Der Inductionsstrom verursacht einen mehr prickelnden und stechenden, der Batteriestrom einen mehr brennenden Schmerz. Wird die

Stromstärke allmählig bis zu grosser Höhe gehoben, so steigert sich nur die Intensität des Schmerzes; die Qualität desselben bleibt unverändert: an den Polen des Inductionsstromes unerträgliches Stechen, an denen des Batteriestromes unerträgliches Brennen. Beide Schmerzqualitäten sind übrigens am negativen Pole sehr viel intensiver als am positiven.

Die Reizung der Hautmuskeln bei der Anwendung des inducirten Stromes setzt an denselben, besonders wenn die Reizung durch Anwendung trockener metallischer Stromgeber auf die Haut localisirt wird, Contractionsphänomene, welche am augenfälligsten an den mächtigen Lagen der Tunica dartos (als Schrumpfung des ganzen Hodensackes) und an der Brustwarze (als Vortreten und Rigidwerden der Brustwarze mit Runzelung des Warzenhofes) erscheinen, auf der übrigen behaarten Haut aber als sog. Gänsehaut d. h. durch Hervortreten der Haarbälge sich kund geben. Entsprechend den individuellen Verschiedenheiten in der Entwicklung der Hautmuskeln, welche man bei den verschiedenen Menschen constatiren kann, sieht man bei manchen Personen schon bei schwachen und kurz dauernden Strömen starke Gänsehaut entstehen, während sie bei anderen fast ganz ausbleibt. Dass es sich bei diesen Contractionserscheinungen um direkte und nicht um reflektorisch übertragene Reizung handelt, lehrt Kölliker's Versuch [1]) an ausgeschnittenen Hautstücken von Vögeln, an denen sich durch elektrische Reizung schöne lokale Cutis anserina durch Verkürzung der Hautfedermuskeln hervorrufen liess. Ich habe dasselbe an Hautstücken, welche bei chirurgischen Operationen an Menschen herausgeschnitten wurden, constatiren können.

Die Dauer dieses Contractionsphänomens an den glatten Hautmuskeln ist eine ebenso begrenzte und kurzdauernde, wie an den Muskeln der Gefässe. Nach 1 — 2 Minuten dauernder Reizung erschlaffen die kleinen Muskelbündel und die Haarbälge treten zurück, die Haut röthet sich.

Bei Anwendung des Batteriestromes ist die Dauer des Gänsehautstadiums eine noch kürzere.

---

1) Siebold u. Kölliker, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie Bd. II. pag. 123. 1850.

Die Blutgefässe der Haut erleiden durch den Inductionsstrom, wie dies auch an anderen Blutgefässen von den Gebrüdern Weber[1]), von Kölliker[2]), Max Schultze[3]) und Pflüger[4]) beobachtet worden ist, zunächst eine Verengerung ihres Lumens durch die Reizung ihrer Muskulatur resp. der Gefässnerven. Diese spastische Verengerung sämmtlicher Blutgefässe des gereizten Hautstückes, welche gleichzeitig mit der Contraction der Haarbalgmuskeln eintritt und sich durch umschriebene Anämie des Hautstückes zu erkennen gibt, hat nur eine kurze Dauer. Setzt man die Reizung besonders mit trockenen Elektroden 2 — 3 Minuten fort, so tritt an die Stelle der Anämie eine intensive Hyperämie, ein Erythem, welches auf der secundären paralytischen Erschlaffung der Ringmuskulatur und der dadurch bedingten Erweiterung der Gefässe beruht. Die In- und Extensität sowie die Dauer dieses Erythems variirt bei den einzelnen Individuen ganz ausserordentlich. Während die Röthe sich bei dem Einen nur schwach, von geringer Ausdehnung und nach dem Aufhören der Reizung einstellt, um nach kurzer Zeit wieder zu verschwinden, erscheint sie bei Anderen schon während der Faradisirung trotz genügender Anfeuchtung der Oberhaut und der Elektrodenschwämme, dehnt sich handgross aus, lässt seröses Exsudat in den Papillarkörper und unter die Epidermis austreten, setzt dadurch grosse, der Urticaria ähnliche Quaddeln und verschwindet erst nach stunden-, ja tagelangem Bestehen. Für die Erklärung dieser individuellen Differenzen reicht die verschiedene Dicke der Epidermis wohl nicht aus; man ist genöthigt, individuelle Verschiedenheiten in der Erregbarkeit und Erschöpfbarkeit der Gefässnerven anzunehmen, welche in der verschiedenartigen Reaction derselben gegen psychische Einwirkungen (Erröthen, Erblassen) ein Analogon haben dürfte.

Auch der constante Strom ruft an beiden Polen Veränderungen an den Gefässluminis hervor; jedoch ist die Wirkung

---

1) Ed. und E. H. Weber, Die Wirkung des magnet-electrischen Stromes auf die Blutgefässe. Müllers Archiv 1847. pag. 232.

2) Max Schultze, De arteriarum notione, structura etc. Gryphiae 1849. pag. 51 sq.

3) Kölliker, Prager Vierteljahrschrift 1849. Bd. VI. Heft I.

4) Pflüger, Allgem. med. Centralzeitung Bd. XIV. 1855. Aug.

beider Pole nicht ganz gleich. Diese Differenz der Wirkung beider Pole ist zuerst von Remak[1]) und dessen Schüler Bollinger[2]) constatirt und dahin präcisirt, dass der positive Pol ohne vorhergehende Verengerung der Gefässe und Contraction der Hautmuskeln Röthe, Hitze und ein papulöses Exanthem hervorrufe, während der negative Pol Blässe der Haut mit Quaddel-, Bläschen- oder Schorfbildung und Anschwellung erzeuge. Erb[3]) hat diese Angaben grösstentheils richtig gefunden. Er fand die Röthe an der Anode viel intensiver, mehr scharlachähnlich, an der Kathode viel blässer, rosafarben, manchmal ins Weisse sich verlierend. An der Anode bedeckte sich die Haut mit kleinen, körnigen Erhabenheiten und schuppte später reichlich ab. Dagegen wurde sie an der Kathode infiltrirt, verdickt und mit Quaddeln bedeckt, auch bestand die Röthe, welche sich hier nach der Abnahme der Elektrode secundär einstellte, viel länger.

Ich habe diesen Punkt wiederholt einer eingehenden Prüfung unterworfen und bin zu folgenden Resultaten gekommen.

Für das Studium der Differenz der Wirkung beider Pole ist es nothwendig, theils den Effect beider Pole gleichzeitig unter möglichst gleichen Bedingungen (gleiche Grösse der Elektrodenplatten, gleiche Dicke und Durchfeuchtung des feuchten Leiters, gleiche Dicke der Epidermis) zu prüfen, theils die Wirkung jedes Poles gesondert zu studiren, indem man die entgegengesetzte Elektrode in eine halbhandgrosse Platte auslaufen lässt und so ihre Einwirkung auf die Haut zu Gunsten des andern Pols wesentlich herabsetzt. Andrerseits ist darauf zu sehen, dass die Contactflächen nicht oxydirt sondern glattpolirt und theils rein metallisch und trocken, theils mit frischem, feuchtem Leiter überzogen zur Anwendung kommen. Endlich ist die Vergleichung der erlangten Resultate mit denen, welche die Anwendung unpolarisirbarer Elektroden giebt, wichtig und instructiv.

Zunächst stellt sich heraus, dass die Erschlaffung der Hautmuskeln und der Ringmuskeln der Arterien am negativen

---

1) Galvanotherapie p. 130.

2) A. F. Bollinger, Symbolae ad effectum catalyticum rivi galvanici constantis demonstrandum. Diss. Berolini 1863.

3) D. Arch. f. klin. Med. Bd. III. p. 274.

Pole rascher eintritt, als am positiven und länger andauert, was wohl aus der überhaupt intensiveren physiologischen Einwirkung des negativen Poles zu erklären sein dürfte.

An der Anode ist die entstehende Gänschaut von längerer Dauer, jedoch nur in der Umgebung des Pols, während an der Contactstelle der Haut sich zuweilen eine seichte Vertiefung mit starkem Erblassen der Haut, bald aber eine intensive Hyperaemie entwickelt und auf derselben eine grosse Anzahl kleiner Papeln, deren jede in ihrem Centrum ein Haar aufweist, die somit wohl in dem Gefässnetz des Haarbalges ihren Ausgangspunkt haben. Bei mässiger Reizung bleibt es bei der Bildung dieser körnigen Erhebungen. Bei fortgesetzter und starker Reizung confluiren die Papeln zu einer grossen mehr weniger ischämischen Quaddel, an deren Peripherie noch eine Anzahl einzelner Papeln und ein mässig ausgedehnter rother Hof besteht.

An der Kathode sind die physiologischen Wirkungen im Grunde dieselben, nur ist das Reizungsstadium kürzer und die Intensität und Extensität der Lähmungserscheinungen stärker Die Hyperämie ist intensiver und ausgedehnter, die Quaddelbildung ebenso.

Diese Erscheinungen lassen sich nur bei der Anwendung unpolarisirbarer Elektroden mit der nöthigen Sicherheit und Ruhe beobachten, weil in diesen Fällen der Schmerz selbst bei Application eines Stromes von 50 S. Elementen mässig ist, die chemischen Nebenwirkungen ausbleiben und die Hyperämie und Exsudation sich sehr langsam entwickelt. Es bedarf unter diesen Bedingungen einer $^1/_4 — ^1/_2$ stündigen Application des Stromes, um die Quaddelbildung zu beobachten.

Wir sehen hiernach, dass die rein physiologische Wirkung qualitativ an beiden Polen gleich, und nur quantitativ etwas verschieden ist, insofern die Veränderungen an dem negativen Pole schneller sowie in- und extensiver sich entwickeln. Die Reihenfolge der Veränderungen ist also an beiden Polen: Erblassen mit Gänsehaut, Hyperämie, papulöse Anschwellung der Haarbälge, Confluenz der Papeln zu grossen Quaddeln.

Im Betreff der chemischen Einwirkung des Stroms auf die Haut ist dagegen die Differenz beider Pole sehr prägnant. Hievon überzeugt man sich am besten, wenn man beide Pole mit

frisch polirten Metallknöpfen versieht und sie ohne feuchten Leiter auf die schwach befeuchtete Haut aufsetzt. Man benutzt als Ansatzstellen am besten zwei einander entsprechende Hautstellen von gleich feiner Epidermis z. B. die Haut an der Beugefläche oder an der Streckfläche der Vorderarme.

Bei mässiger Stromstärke, z. B. bei 20 S. Elementen, tritt an der Kathode, welche einen heftig brennenden Schmerz erzeugt, an der Berührungsstelle nach $^1/_2$—1 Minute ein blassbläulich durchscheinendes stecknadelkopfgrosses Bläschen auf, welches sich anfangs nur wenig über die Hautoberfläche erhebt und mehr in der Haut selbst seinen Sitz hat.

Setzt man die Reizung fort, so vergrössert sich das Bläschen und tritt mehr über die Oberfläche heraus. Der Inhalt ist nicht rein flüssig, sondern besteht aus stark mit Flüssigkeit durchtränkten gelockerten Epidermislagen. Derselbe giebt eine stark alkalische Reaction [1]. Bei fortdauernder Reizung färbt sich der Inhalt bräunlich und jede Aetzstelle wird der Sitz einer ziemlich grossen Quaddel, welche von einem rothen Hof in weiter Ausdehnung umgeben ist. Das spärliche Serum, welches an den der Epidermis beraubten Aetzstellen gewonnen wird, reagirt dauernd stark alkalisch. Der Messingknopf der Elektrode bleibt glatt und ohne Oxydschichte.

An der Anode zeigt sich, wenn man die Kathode durch Vergrösserung der Contaktfläche und Einschiebung von feuchtem Schwamm relativ unschädlich gemacht und die Intensität der Stromwirkung an der Anode gesteigert hat, unter lebhaftem Brennen eine seichte Vertiefung mit Ischämie unter dem Metallknopf, während die Umgebung Gänsehaut zeigt. Bei fortdauernder Reizung erhebt sich in der ganzen Ausdehnung des Contactes eine Quaddel, deren Centrum bräunlich verfärbt wird. Der vorher glänzend polirte Messingknopf wird im Bereiche des Contactes durch Oxydirung schwarz gefärbt und das beim Anritzen der Quaddel gewonnene spärliche Serum zeigt eine ausgesprochen saure Reaction.

---

1) Die Prüfung der Reaktion geschah bei diesen und den nachfolgenden Versuchen sowohl mit dem gewöhnlichen Lakmus- und Curcuma-Reagenzpapiere als mit Gypsplättchen, welche mit blauer sowie durch Säure gerötheter Lakmustinktur imprägnirt waren.

Mittelst eines feinen Geissler'schen Thermometers überzeugte ich mich, dass während des Stromdurchganges weder an der Kathode, noch an der Anode eine Temperaturerhöhung Platz griff, mochten die metallischen Contactflächen der Stromgeber mit oder ohne feuchten Leiter applicirt werden.

Vierundzwanzig Stunden später zeigt sich an den Centren der Quaddeln vom negativen Pole eine oberflächliche Eiterinfiltration, während am positiven Pole die Quaddel zwar etwas abgeschwollen ist, aber an der schmutzig braunrothen Färbung sowie an der leichten Ablöslichkeit der Epidermis erkennen lässt, dass der Entzündungs- und Exsudationsprocess noch nicht abgelaufen ist.

Diese Versuche lehren, dass bei der Anwendung stärkerer Ströme ausser der physiologischen Wirkung des Stromes, welche in Hyperämie und Exsudation im Papillarkörper besteht, auch chemische Effekte auftreten, welche bei der Anwendung metallener Contactflächen ohne feuchten Leiter am intensivsten sind. Diese chemischen Effekte bestehen in der Zerlegung des Blutserums, welches hier als Elektrolyt dient, und zwar einerseits des Wassers und andererseits der in demselben gelösten Salze, von denen vornehmlich das Chlornatrium und das kohlensaure Natron in Betracht kommen. Durch die Anhäufung der Jonen an den Polen, nämlich des Wasserstoffs und der Alkalien an der Kathode und des Sauerstoffs, der Kohlensäure und des Chlors an der Anode wird die oben beschriebene Reaction und zugleich die intensive Verätzung an der Kathode, an welcher das kaustische Natron resp. Kali als Kation sich anhäuft, erklärt.

Versuche, welche ich an anderen Organen z. B. an Gehirn- und Lebersubstanz im Betreff der chemischen Wirkungen des Stroms anstellte, ergaben vollkommene Uebereinstimmung mit den an der Haut gewonnenen Resultaten. Wenn man in frische Gehirn- oder Lebersubstanz die in Platindrähte auslaufenden Pole einer Batterie von 20—30 Elementen oberflächlich einsenkt, so entsteht sofort an beiden Polen lebhafte Gasentwicklung. Bringt man den feuchten Schaum von der Platindrahtspitze auf die theils mit blauer, theils mit rother Lakmustinctur gefärbten Gypsplatten, so zeigt sich intensiv alkalische Reaction an der Kathode, saure an der Anode. Dasselbe zeigt sich, wenn man die gefärbten

Gypsplättchen oder Röllchen von Lakmus- und Curcumapapier in die mit Schaum gefüllten Vertiefungen einsenkt, in welchen die Platinnadeln sich vorher befanden: Am negativen Pole starke Färbung des Curcuma- und des rothen Lakmuspapiers, am positiven Röthung des blauen Lakmuspapiers oder Gypses.

Wendet man statt der metallischen Elektroden unpolarisirbare nach Du Bois an, so treten die beschriebenen chemischen Wirkungen der Polarisation nicht in die Erscheinung. Die an den Polen frei werdenden Jonen werden hier beim Entstehen sofort durch die feuchte Thonmasse aufgesogen, so dass es zu keiner Anätzung am negativen Pole kommt [1]). Dasselbe beobachtet man auch bei der Verwendung der von Hitzig für die Elektrotherapie nach Du Bois' Vorgange construirten unpolarisirbaren Elektroden.

Eine thermische Einwirkung des galvanischen Stromes resp. der metallisch armirten Pole auf die Haut kann nach den obigen Versuchen mit Bestimmtheit ausgeschlossen werden.

Nerv und Muskel.

Da eine genaue Kenntniss der wichtigsten Ergebnisse der physiologischen Studien über das Verhalten des normalen Nerven und Muskels gegen den elektrischen Strom für das Verständniss der mannigfaltigen, unter pathologischen Verhältnissen am Nerven- und Muskelsystem des Menschen auftretenden Erscheinungen unentbehrlich ist, so müssen wir an dieser Stelle einen kurzen Excurs auf das physiologische Gebiet unternehmen.

---

1) Bekanntlich bestehen die unpolarisirbaren Elektroden von Du Bois-Reymond aus Glasröhren, deren untere Oeffnung durch einen Propf von plastischem Thon, welcher mit einer einprocentigen Kochsalzlösung angerührt ist, geschlossen und noch mit einem Fortsatz von plastischem Thon versehen werden. Die Glasröhren werden mit concentrirter Lösung von chemisch reinem Zinkvitriol gefüllt und in die letztere je ein Streifen amalgamirten Zinkblechs eingesenkt, dessen oberes Ende mit den Leitungsdrähten in leitende Verbindung gesetzt wird.

Nach diesem Muster hat Hitzig unpolarisirbare Elektroden für die therapeutische Verwendung am Lebenden construirt, deren genauere Beschreibung sich weiter unten bei der Besprechung der Nebenapparate findet.

Noch vor wenigen Jahren bestand zwischen den Ergebnissen der experimentell-physiologischen Forschung und den Beobachtungen der Elektrotherapeuten am lebenden Menschen eine derartige Differenz, dass es schien, als sei an eine Ausfüllung dieser Kluft nicht zu denken. Die letzten Jahre haben indessen eine erfreuliche Annäherung angebahnt, und schon reicht man sich an manchen Punkten von beiden Seiten die Hände. Ich halte eine Verständigung wenigstens über die wichtigsten Punkte und damit eine physiologische Begründung der Electrotherapie nicht für so unwahrscheinlich, als es von manchen Seiten geschieht; die schönen Resultate, welche die letzten Jahre zu Tage gefördert haben — ich erinnere an die Arbeiten von Neumann, J. Rosenthal, Fick, Brücke, Ranke, Filehne, Erb u. A. — sind sehr ermuthigend.

Jeder Nerv, welcher in einem beliebig langen Stück von einem constanten galvanischen Strome durchflossen wird, erleidet durch den letzteren für die Dauer des Fliessens eine Reihe eigenthümlicher Veränderungen, welche seine Erregbarkeit, Leitungsfähigkeit u. s. w. betreffen. Diesen Zustand nennt man nach Du Bois-Reymond »Elektrotonus«, den durchflossenen Nerven oder Muskel nennt man polarisirt oder elektrotonisirt, den angewendeten constanten Strom bezeichnet man als den polarisirenden.

Man nennt ferner den galvanischen Strom nach der Richtung, in welcher er den Nerven durchfliesst, einen aufsteigenden, wenn die positive Elektrode peripherisch, die negative dagegen dem Centrum näher applieirt ist, der galvanische Strom somit im Nerven in der Richtung von der Peripherie zum Centrum fliesst, einen absteigenden dagegen, wenn der positive Pol dem Centrum des Nervensystems näher steht als der negative, der Strom im Nerven somit in der Richtung vom Centrum zur Peripherie fliesst.

Da die Veränderungen, welche den elektrotonischen Zustand charakterisiren, constant eintreten, so war es möglich, dieselben als Gesetz zu formuliren, und da die Untersuchungen vornähmlich am motorischen Nerven angestellt wurden, dessen zugehöriger Muskel vorzüglich geeignet ist, durch seine Zuckung, die

im Nerven vorgehenden Veränderungen in die Erscheinung treten zu lassen, so hat man das Gesetz als »Zuckungsgesetz« bezeichnet.

Die Zahl derjenigen Forscher, welche sich dem Studium dieser schwierigsten unter allen Aufgaben der Physiologie gewidmet haben, ist eine sehr grosse. Von den Neueren ist ausser Du Bois-Reymond Pflüger, Heidenhain, v. Bezold, Fick, Wundt und Bernstein nennen. Von maassgebendem Einflusse auf die heutige Anschauung sind vor Allem die klassischen Untersuchungen von Pflüger gewesen.

Du Bois-Reymond hatte gegen Ende der vierziger Jahre zuerst aus den jener Zeit bekannten Thatsachen über elektrische Nervenerregung das folgende Fundamentalgesetz formulirt [1]: „Nicht der absolute Werth der Stromdichtigkeit in jedem Augenblicke ist es, auf den der Bewegungsnerv mit Zuckung des zugehörigen Muskels antwortet, sondern die Veränderung dieses Werthes von einem Augenblicke zum andern, und zwar ist die Anregung zur Bewegung, die diesen Veränderungen folgt, um so bedeutender, je schneller sie bei gleicher Grösse vor sich gingen und je grösser sie in der Zeiteinheit waren."

Dieser Satz konnte nicht mehr als der allgemeinste Ausdruck der gesetzmässigen Vorgänge bei der Nervenerregung gelten, als nachgewiesen war, dass der Empfindungsnerv auch auf das dauernde Fliessen des Stroms mit einer Empfindung antworte, dass ferner auch, wie Wundt [2]) zuerst nachwies, der Muskel bei direkter Reizung während der Stromdauer eine schwache Contraction zeige.

Pflüger [3]) hat nun die wichtigsten Fragen vorläufig zum Abschlusse gebracht.

Nach Pflüger zerlegt jeder in einer bestimmten Länge des Nerven verlaufende galvanische Strom den Nerven in zwei physiologisch verschiedene Abschnitte, welche durch einen Punkt,

---

1) Untersuchungen über thierische Elektricität. Berlin 1848. Bd. I. p. 258.

2) Die Lehre von der Muskelbewegung. Braunschweig 1858. p. 122.

3) Untersuchungen über die Physiologie des Elektrotonus. Berlin 1859. Ferner: Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium zu Bonn 1865 und Disquisitiones de sensu electric. Bonn 1865.

an welchem der Nerv unverändert ist (Indifferenzpunkt), in einander übergehen. Der eine Abschnitt eines solchen Nerven ist durch den Strom in einen Zustand der erhöhten Erregbarkeit (Katelectrotonus), der andere Abschnitt in einen Zustand der erniedrigten Erregbarkeit (Anelectrotonus) versetzt. Von diesen beiden Zonen befindet sich die der erhöhten Erregbarkeit in der Gegend und Nachbarschaft des negativen Pols (Kathode), die der herabgesetzten Erregbarkeit in der Gegend und Nachbarschaft des positiven Pols (Anode). Vom negativen Pole aus pflanzt sich also nach beiden Seiten der Zustand der erhöhten, vom positiven der Zustand der herabgesetzten Erregbarkeit fort. Die anelektrotonische Veränderung entwickelt sich äusserst langsam im Verhältniss zu der Geschwindigkeit, mit welcher die katelektrotonische entsteht. — Mit der Unterbrechung des polarisirenden Stromes tritt zunächst ein Umschlag in die entgegengesetzten Modificationen ein, dann erst stellt sich allmälig die normale Erregbarkeit wieder her. — Erregt wird nach Pflüger eine gegebene Nervenstrecke durch das Entstehen des Katelectrotonus und das Verschwinden des Anelectrotonus, nicht aber durch das Verschwinden des Katelectrotonus und das Entstehen des Anelectrotonus. — Obwohl endlich die Erregung vor Allem abhängt von den Schwankungen der Dichte des die Nerven durchfliessenden Stromes, so reagiren diese doch auch gleichwohl auf den Strom in beständiger Grösse.

v. Bezold [1]) hat die Pflüger'schen Anschauungen über die elektrische Nervenerregung in ihren Grundzügen befestigt und erweitert, und zugleich bewiesen, dass dieselben Gesetze, wie für die Erregung der Nervensubstanz auch für die direkte Erregung der Muskeln gültig seien. v. Bezold fasst die von ihm erlangten Resultate in folgende Sätze zusammen:

1) Die Substanz der Nerven und Muskeln geräth in den Zustand der Erregung nicht blos durch elektrische Dichtigkeitsschwankungen, sondern es ist wahrscheinlich, dass der in constanter Höhe in diesen Organen fliessende Strom fort und fort, solange er in dieser Bahn strömt, den Molekularvorgang der Erregung erzeuge.

---

1) A. v. Bezold, Untersuchungen über die elektrische Erregung der Nerven und Muskeln. Leipzig 1861.

2) Der Molekularvorgang der Erregung findet bei positiven Dichtigkeitsschwankungen, und während der Strom in constanter Höhe diese Organe durchströmt, zunächst und unmittelbar nur in der Gegend der negativen Elektrode Statt, dagegen geräth die am positiven Pole befindliche Nerven- oder Muskelstrecke, wenn überhaupt, nur durch die Fortpflanzung des am negativen Pole hervorgebrachten Reizes in den erregten Zustand.

3) Der Molekularvorgang findet bei negativen Dichtigkeitsschwankungen oder nach der Oeffnung der im Nerven oder Muskel fliessenden galvanischen Ströme zunächst und direct nur in der Gegend der positiven Elektrode Statt; diejenigen Nerven- oder Muskelquerschnitte, welche der negativen Elektrode benachbart waren, gerathen, wenn überhaupt, nur durch die Fortleitung der am positiven Pole entstandenen Reizung in den erregten Zustand.

4) Sind die Kettenströme, deren Schliessung oder Oeffnung als Errégungmittel dient, unter einer gewissen Stärke, so folgt der Molekularvorgang der Erregung in der Muskel- oder Nervenfaser nicht unmittelbar auf die positive oder negative Dichtigkeitsschwankung des Stromes, welche der Schliessung oder Oeffnung desselben entspricht, sondern es vergeht eine von der Stärke dieser Ströme abhängige, in einem umgekehrten Verhältnisse zu derselben stehende Zeit, bis der Molekularvorgang der Erregung anhebt.

Nicht die elektrische Dichtigkeitsschwankung ist es also in diesen Fällen, auf welche Muskel und Nerv mit dem Erregungsvorgange antworten, sondern im Falle der Stromesschliessung ist es das Fliessen des Stromes in constanter Höhe, das die Erregung bewerkstelligt, und im Falle der Stromesöffnung sind es die noch einige Zeit nach der Oeffnung anhaltenden späteren Störungen des Gleichgewichts in diesen Organen, welche mit der Reizung verknüpft sind.

v. Bezold fand ferner durch Versuche über die Veränderungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Elektrotonus, dass die Fortpflanzung oder Leitung der Erregung nicht blos an und in der Nähe der positiven Elektrode herabgesetzt sei, wie dies schon Pflüger feststellte, sondern dass eine ähnliche Hemmung auch an der negativen Elektrode zu beobachten sei.

Auch nach der Unterbrechung des Stromes konnte v. Bezold stets eine Zeit lang sowohl zur Seite der Anode als der Kathode verzögerte Fortpflanzung der Erregung nachweisen.

Diejenige Art der elektrischen Nervenerregung, welche aus fortwährenden Schwankungen der Dichtigkeit des erregenden Stromes sich zusammensetzt — die Reizungen durch Inductionsschläge — ist nach v. Bezold äusserst verwickelter Natur. Ein jeder Inductionsschlag setze sich zusammen aus mindestens 3 Akten, deren jeder eine besondere Analyse erheische: aus dem Anwachsen, aus dem constanten Fliessen und aus dem Abfallen der Stromesdichtigkeit. v. Bezold vermuthet, dass der grosse Effect, der für die Erregung des sensiblen sowohl als motorischen Endapparates durch diese Erregungsmethode erzielt werde, jedenfalls zum grössten Theil beruhe auf dem Umstande, dass bei dem kurzdauernden in abwechselnder Richtung den Nerven durchfliessenden Inductionsstrome die Ausbildung der Nebenwirkungen, welche der längere Zeit in derselben Richtung fliessende galvanische Strom auf den Nerven ausübe, die Herabsetzung der Leitungsfähigkeit insbesondere viel geringer sei, als bei der Erregung durch den constanten Strom; dass also die an Ort und Stelle erzeugte Reizung unbehindert nach beiden Seiten hin sich fortzupflanzen fähig sei.

Zu ganz ähnlichen Resultaten in Betreff des constanten Stromes wie v. Bezold gelangte Fick [1]), der an dem trägen Muschelschliessmuskel experimentirte. Die wichtigen und interessanten Ergebnisse seiner Versuche lassen sich etwa dahin zusammenfassen:

Stromdichtigkeitsschwankung ist im Allmeinen Reiz für den Muschelschliessmuskel wie für den Froschmuskel, jedoch darf die Geschwindigkeit dieser Schwankung nicht unter ein gewisses Maass sinken. Wird der Muskel ganz allmälig aus dem Zustande des Durchströmtseins in den des Nichtdurchströmtseins oder umgekehrt übergeführt, so bleibt die Zuckung aus.

Eine zweite Bedingung der elektrischen Reizung ist eine gewisse Dauer des elektrischen Zustandes, dessen Veränder-

---

1) Adolf Fick, Beiträge zur vergleichenden Physiologie der irritabelen Substanzen. Braunschweig 1863.

ung die erste Bedingung ist. Je kürzer die Dauer des elektrischen Zustandes ist, um so grösser muss die Stromstärke sein, wenn eine merkliche Reizung erzielt werden soll.

Der Werth des Reizes hängt endlich auch ab von dem absoluten Werth der Stärke des Stromes, dessen Schliessung oder dessen Oeffnung den Reiz hervorbringt.

Wundt [1]) hat neuerdings dem Gesetz der Nervenerregung auf Grundlage seiner Experimente einen neuen Ausdruck gegeben, welcher jeden Widerspruch zwischen dem Gesetze der Erregung des Bewegungsnerven und dem der Erregung des Empfindungsnerven und des Muskels zu beseitigen bestimmt ist:

»Die in Folge der Schliessung des Stromes eintretende äussere Erregung ist eine Funktion der erregenden und hemmenden Wirkungen, welche der Strom ausübt. Die positiven Werthe dieser Funktion liegen zwischen Zeitgrenzen eingeschlossen, die von der Stärke und Richtung des Stromes abhängen, so aber, dass die Funktion immer mit merklichen positiven Werthen auf eine kurze Zeit nach der Schliessung beginnt und nach einer längeren Zeit negative Werthe annimmt.

Die in Folge der Oeffnung des Stromes eintretende äussere Erregung ist eine Funktion erstens der erregenden Wirkungen, welche mit der Ausgleichung der während der Schliessung bestandenen Hemmungen verbunden sind, und zweitens der hemmenden Wirkungen, welche theils an der Anode zurückbleiben, theils an der Kathode sich anhäufen. Von der Geschwindigkeit jener Ausgleichung und von der Grösse der anodischen und kathodischen Hemmung hängt die Oeffnungserregung in ihrer Stärke, Dauer und in der Zeit ihres Eintritts ab. Sie fehlt, wo Hemmung nur langsam verschwindet (bei den schwächsten Strömen), ihr Eintritt ist verspätet, wo die während der Schliessung angesammelte Hemmung längere Zeit in merklicher Grösse anangesammelt bleibt (nach längerer Schliessungsdauer aufsteigender Ströme), und ihre Dauer ist verlängert, wo die stark angesammelte Schliessungshemmung eine längere Zeit zu ihrer Ausgleichung nöthig hat (Oeffnungstetanus).«

---

1) Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren. 1. Ueber Verlauf und Wesen der Nervenerregung. Erlangen, 1871. p. 248 f.

Wir sehen hiernach, dass beim physiologischen Experiment am Nerv und Muskel der Reizeffect von verschiedenen Momenten abhängt. Ausser der Differenz der Polwirkung ist von Wichtigkeit die Richtung, in welcher der constante Strom das reizbare Gebilde durchfliesst, und die Stärke des polarisirenden Stromes. Je nach der Stromstärke und der Richtung des Stromes fällt der Effect der Schliessung und Oeffnung des Stromes verschieden aus. Bei mittelstarken Strömen erregt der constante Strom eine Schliessungs- und Oeffnungs-Zuckung, in welcher Richtung er auch fliesse, während schwache Ströme sowohl in aufsteigender als in absteigender Richtung einwirkend, fast immer nur Schliessungs-Zuckung, starke Ströme dagegen in aufsteigender Richtung nur Oeffnungs-Zuckung, in absteigender Richtung fast immer nur Schliessungs-Zuckung hervorrufen.

Bei den sensiblen und Sinnes-Nerven verhält sich das Gesetz der elektrischen Empfindungen ganz in derselben Weise, es gewinnt jedoch dadurch einen entgegengesetzten Ausdruck, dass das die elektrische Erregung wahrnehmende Organ im Nerven-Centrum liegt; hier erzeugen schwache Ströme eine Schliessungs-Empfindung, starke Ströme eine Oeffnungs-Empfindung, wenn sie in absteigender Richtung fliessen. Dagegen steigt bei aufsteigender Richtung die Intensität der Schliessungs-Empfindung mit dem Wachsen der Stromstärke. Die elektrische Empfindung dauert übrigens während des Geschlossenseins an, wenn auch in geringerem Grade als beim Schliessen resp. Oeffnen der Kette und wächst während dieser Zeit proportional der Stromstärke.

Auch die Erregung motorischer Nerven bewirkt nicht immer nur Schliessungs- resp. Oeffnungs-Zuckung, sondern es erzielen auch Ströme von mässiger Intensität (etwa von der Stärke des Muskelstromes nach Pflüger) eine tetanische Contraction des Muskels.

Ebenso äussert sich die Erregung der Muskeln durch den constanten Strom nicht nur in Schliessungs- und Oeffnungs-Zuckungen, welche sich entsprechend dem Zuckungs-Gesetz verschieden verhalten je nach der Richtung und Stärke des Stroms, sondern auch in dauernder Contraction, solange der Strom fliesst (Wundt, v. Bezold). Nach Abtödtung der

motorischen Nerven (durch Curare oder Coniindämpfe) bleiben die Schliessungs- und Oeffnungs-Zuckungen aus, und der Muskel reagirt alsdann auf den constanten Strom nur durch dauernde Contraction, welche somit als der dem Muskelgewebe als solchem zukommende Reizeffect betrachtet werden kann.

Der Erregungs-Vorgang an glatten Muskeln, welche von dem constanten Strome durchflossen werden, äussert sich ebenfalls in dauernder Contraction, und diese macht dieselben Stadien — nur unendlich viel langsamer — durch, wie der quergestreifte Muskel.

Wenn nun hiernach das Fliessen des Stromes in constanter Höhe und bei einer gewissen Stärke des Stromes sowohl an den motorischen, sensiblen und Sinnesnerven als an dem quergestreiften und glatten Muskel von dem Erregungsvorgange begleitet ist, so muss auf der anderen Seite betont werden, dass die Reizwirkung der Stromdichtigkeitsschwankung eine im Allgemeinen viel bedeutendere ist.

Der Reizeffect der Dichtigkeitsschwankung hängt aber nach den oben berührten Untersuchungen wesentlich ab von der Geschwindigkeit der Schwankung, welche nicht unter ein gewisses Maass sinken darf, wenn ein Reizeffect eintreten soll, ferner von der Dauer der veränderten Dichtheit, sowie endlich von der Stärke des Stromes, dessen Dichtigkeitsschwankungen als Reiz einwirken. Je mehr sich die Dauer des Durchströmtseins von Nerv oder Muskel dem Momentanen annähert, um so mehr muss die Stromstärke gesteigert werden, um denselben Reizeffect zu erzielen, wie ihn vorher geringere Stromstärke und längere Dauer des Fliessens producirten.

Da aber im Muskel die elektrotonischen Veränderungen träger von Statten gehen, als im Nerven, so kann bei immer mehr gesteigerter Geschwindigkeit der Dichtigkeitsschwankung endlich ein Moment erreicht werden, wo der (selbstverständlich durch Curare dem Nerveneinfluss entzogene) träge Muskel nicht mehr erregt wird, während der motorische Nerv bei derselben Geschwindigkeit der Unterbrechung des Stromes noch erregt wird. Diese Thatsache, welche Brücke [1]) neuerdings gefunden hat,

1) Ueber den Einfluss der Stromesdauer auf die elektrische Er-

lässt sich unter pathologischen Verhältnissen an Nervenmuskelpräparaten constatiren, deren Nerv durch Ermüdung, Maltraitiren oder Degeneration leitungsunfähig geworden ist, wie dies von v. Bezold, Fick, Neumann u. A. beobachtet wurde; sie ist, wie wir später sehen werden, wichtig für das Verständniss gewisser Erregbarkeitsveränderungen am Muskel und Nerv bei peripherischen Lähmungen.

Wir wollen endlich noch der Modificationen der Erregbarkeit des Nerven und Muskels Erwähnung thun, welche die Folge der Einwirkung des constanten galvanischen Stromes sind und vermöge ihrer nahen Beziehung zu pathologischen Verhältnissen eine besondere Aufmerksamkeit beanspruchen.

Wir haben gesehen, dass im Elektrotonus die Erregbarkeit des Nerven gesteigert ist an der negativen Elektrode, dagegen erniedrigt ist im Bereich der positiven Elektrode — und dass an beiden Polen diese Veränderung der Erregbarkeit auch in ihrer nächsten Nachbarschaft sowohl auf der intrapolen als auf der extrapolaren Nervenstrecke nachzuweisen ist. Auf der intrapolaren d. h. zwischen beiden Polen gelegenen Nervenstrecke wächst das Gebiet des Anelectrotonus d. i. der Abnahme der Erregbarkeit mit der Stromstärke. Nach Pflüger ist nun der Anelectrotonus nicht nur von einer Abnahme der Erregbarkeit, sondern auch der Leitungsfähigkeit gefolgt. Nach v. Bezold dagegen ist die Hemmung des Leitungsvermögens auch durch den Katelectrotonus bedingt. Die Erregbarkeitsveränderung des Muskels im Elektrotonus ist nach v. Bezold durchaus auf die intrapolare Strecke beschränkt. Dasselbe gilt auch von der Hemmung der Leitung, welche sich ebenfalls im elektrotonisirten Muskel nachweisen lässt.

Hat der galvanische Strom eine Zeitlang auf einen Nerven in ziemlicher Stärke eingewirkt, so versetzt er denselben, wie es Rosenthal [1]) zuerst formulirt hat, in einen Zustand, in wel-

---

regung der Muskeln. Sitzb. der k. k. Akad. der Wissenschaft. Bd. LVI, II. Abth. 1867.

1) Monatsbericht der Academie der Wissenschaften zu Berlin 1857. Dez. pag. 840.

chem er für die Schliessung desselben Stromes, der ihn durchflossen hat, unerregbar ist, dagegen auf die Oeffnung desselben Stromes mit einer starken und ziemlich anhaltenden Erregung reagirt. Die letztere wird verstärkt oder tritt von Neuem ein, wenn ein entgegengesetzt gerichteter Strom geschlossen wird, nimmt dagegen ab oder bleibt aus, wenn derselbe geöffnet wird.

Wundt [1]) hat diese Modificationen der Erregbarkeit durch den galvanischen Strom mit den allgemeinen Gesetzen der Nervenerregung in nähere Beziehung gebracht, indem er nachwies, dass jeder Strom mit der Zeit eine Veränderung herbeiführen muss, bei der die hemmenden den erregenden Kräften überlegen sind, dass der schwächere Strom nach längerer Zeit die nämliche Veränderung herbeiführt, welche der starke Strom sogleich erzeugt, dass somit unter gewissen Bedingungen Stromstärke und Stromesdauer einander äquivalent sind.

Derselben Categorie von Erscheinungen gehört offenbar auch die erfrischende Einwirkung an, welche der constante Strom auf den Erregungszustand des ermüdeten Muskels übt. Heidenhain [2]) fand zuerst, dass der constante Strom bei längerer Einwirkung auf einen ermüdeten Muskel eine Erfrischung desselben hervorriefe d. h. die herabgesetzte Erregbarkeit aufbessere, ja selbst in einem bereits abgestorbenen Muskel die verloren gegangene Erregbarkeit wieder herstelle. Heidenhain fand ferner, dass die Richtung des Stromes auf die Intensität dieses Effectes von wesentlichem Einflusse sei, indem der aufsteigende Strom eine kräftigere und anhaltendere Erfrischung des Muskels setze, als der absteigende. In jedem Falle aber wird der Muskel durch den erfrischenden Strom nur erregbar für die Oeffnung des gleichgerichteten und für die Schliessung des entgegengesetzt gerichteten Stromes — eine Erscheinung, welche in vollständiger Harmonie mit den ebenbesprochenen Phänomenen am Nerven steht und sich auf die allgemeinen Ge-

1) Ueber Verlauf und Wesen der Nervenerregung. 1871. p. 253.

2) Heidenhain, Physiologische Studien. Berlin 1856. Ueber Wiederherstellung der erloschenen Erregbarkeit durch constante galvanische Ströme p. 56.

setze der polarisirenden Wirkungen des galvanischen Stromes auf den Zustand der Erregbarkeit von Nerv und Muskel zurückführen lässt.

Gerade durch die modificirende und erfrischende Wirkung des polarisirenden Stromes, welche sich in pathologischen Fällen der Beobachtung der Elektrotherapeuten schon längst aufgedrängt hatte, wurde der Versuch nahe gelegt, das Zuckungsgesetzt, wie es aus den physiologischen Versuchen am Froschpräparat hervorgegangen war, am Nerven des lebenden Menschen zu prüfen und zur Anschauung zu bringen. Remak [1]) suchte die Erregbarkeitssteigerung, welche er als eine Folge labiler Anwendung des galvanischen Stromes auf den Nerven des Menschen beobachtete, ganz allgemein mit den Gesetzen des Elektrotonus in Verbindung zu bringen. Diese Verbindung blieb indessen nur eine sehr lockere, indem Remak [2]) einerseits nur von Steigerung der Erregbarkeit spricht, welche er durch labil eingeleitete, also in ihrer Dichte fortwährend schwankende galvanische Ströme sowie auch durch schwache Inductionsströme erzielte, andrerseits der Möglichkeit Ausdruck giebt, dass diese Zunahme der Erregbarkeit etwa einer Verminderung der Widerstände in der Haut z. B. durch die inzwischen entstandene Hyperämie oder die Durchtränkung der Epidermis und Füllung der Schweissdrüsentrichter, also rein physikalischen Momenten, ihre Entstehung verdanke.

1) Galvanotherapie p. 92 ff.

2) »Ein Strom, der (am Biceps brachii oder an den Gesichtsmuskeln) anfänglich weder Ein- noch Austrittszuckung giebt, zeigt dieselbe, nachdem er 30 — 60 Secunden und darüber eingewirkt hat, und um so stärker, je länger er wirkt. Aehnliche Ergebnisse zeigen sich, wenn man zur Prüfung der Erregbarkeit sich eines inducirten Stromes bedient. Man leite einen schwachen, inducirten Strom durch den Nerven in einen Muskel, z. B. den M. biceps, während der Oberarm so gelagert ist, dass er eine Erhebung des Vorderarms durch Verkürzung des Muskels zulässt. Wenn nun diese Erhebung ausbleibt, so kann sie später bei gleicher Einwirkung desselben Stroms eintreten, nachdem inzwischen ein constanter Strom von 20 — 30 Daniell'schen Elementen auf demselben Wege etwa eine Minute lang in den Muskel eingeführt worden.« Galvanotherapie p. 92 u. 93.

Nachdem Fick[1]) auf Grund von Versuchen an dem eigenen Nervus ulnaris zu dem Resultat gekommen war, dass sich merkliche Erscheinungen des Elektrotonus durch den constanten Strom am lebenden Menschen nicht hervorbringen liessen, unterwarf Eulenburg[2]) diesen Gegenstand einer eingehenden Untersuchung. Er bemühte sich, das Vorhandensein des Elektrotonus in der peripherischen extrapolaren Nervenzone, also des absteigenden extrapolaren Anelektrotonus und des absteigenden extrapolaren Katelektrotonus zu constatiren und bediente sich zu diesem Zwecke folgender Methode:

Als Massstab für die polarisirende Wirkung des galvanischen Stroms am Bewegungsnerven diente die Zuckung des vom letzteren innervirten Muskels, welche durch den Inductionsstrom als zuckungserregenden Reiz angeregt wurde. Vor der Polarisirung des Nerven wurde das Zuckungsminimum, resp. die für die schwächste Zuckung nothwendige Stromstärke am Schlittenapparat festgestellt und dann während der Polarisation und nach Beendigung derselben wieder gemessen. Aus der Abnahme oder Vergrösserung der minimalen, zuckungserregenden Stromstärke schloss Eulenburg auf eine Abnahme oder Zunahme der Erregbarkeit, auf die Anwesenheit des absteigenden extrapolaren Anelektrotonus resp. Katelektrotonus.

Diese Versuche ergaben eine vollständige Uebereinstimmung mit den physiologischen Thatsachen. Es muss indessen hier auf eine physikalische Fehlerquelle aufmerksam gemacht werden, welche in den Eulenburg'schen Versuchen nicht vermieden erscheint. Nach dem von dem genannten Autor[3]) gegebenen Schema wird die zuckungprüfende Reizung in nächster Nähe des Muskels durch die negative Elektrode des Oeffnungsinductionsstroms vorgenommen, während die positive Elektrode mit grosser Platte auf dem Sternum steht. Zwischen beide ist der den Nervenstamm polarisirende constante Strom eingeschaltet. Es wird somit, wenn beide Ströme gleichzeitig einwirken, eine

1) Medicinische Physik II. Aufl. 1866. pag. 377.

2) Ueber elektrotonisirende Wirkung bei percutaner Anwendung des constanten Stromes auf Nerven und Muskeln. D. Archiv f. klin. Med. 1867. Bd. III. p. 117 ff.

3) l. c. p. 124.

gegenseitige Beeinflussung derselben nothwendig eintreten müssen und zwar wäre dieselbe in folgende Weise zu denken:

Da die Richtung des Oeffnungsinductionsstromes immer dieselbe, nämlich die absteigende ist (Anode am Sternum, Kathode am Muskel), so wird der absteigende also in derselben Richtung fliessende galvanische Strom die Stärke des Inductionsstroms erhöhen, dagegen der in entgegengesetzter Richtung also aufsteigend fliessende constante Strom der Intensität des Inductionsstroms entgegenwirken, sie vermindern. Es kann deshalb eine Veränderung des Zuckungsminimums während des Fliessens des galvanischen Stroms ganz wohl von diesen physikalischen Momenten allein abhängig gedacht werden.

Und dass es sich in der That so verhält, glaube ich mit folgendem Versuche beweisen zu können. Wenn ich nach Feststellung des Zuckungsminimums am Medianusaste für den Musculus opponens pollicis durch den negativen Pol des Oeffnungsinductionsstroms (den positiven Pol auf dem Sternum fixirt) den galvanischen Strom auf den Medianus in der Nähe der Handwurzel und am Oberarme einleite, so erhalte ich allerdings die von Eulenburg beschriebenen Veränderungen in der Zuckung des M. opponens pollicis, nämlich eine erhebliche Steigerung der Zuckung, während der polarisirende Strom absteigt, und eine geringe Abschwächung der Zuckung, wenn der constante Strom in entgegengesetzter Richtung durch den Medianus fliesst. Ich erhalte aber diese Veränderungen der Muskelzuckung auch dann, wenn ich die Elektroden des galvanischen Stromes einige Centimeter nach links oder nach rechts vom Medianus verschiebe, und da wir nach den oben gepflogenen Erörterungen über den Leitungswiderstand der Nerven im Verhältniss zu dem des Muskels und Bindegewebes nicht wohl annehmen können, dass der Medianus noch ferner polarisirt wird, wenn sich die Elektroden 2—3 Ctm. nach rechts oder nach links von ihm entfernt haben, so kann ich nicht umhin, die Vermuthung auszusprechen, dass es sich bei den Eulenburg'schen Versuchsresultaten um ein physikalisches Phänomen, nämlich um eine Vermehrung oder Verminderung der Stromintensität, und nicht um eine physiologische Erscheinung, nämlich um einen positiven und negativen Erregbarkeitszuwachs im Medianus, handelt.

Es finden freilich auf diese Weise nicht alle Erscheinungen,

welche Eulenburg fand, insbesondere nicht die nach dem Oeffnen der polarisirenden Kette noch kurze Zeit bestehenden Modificationen der Erregbarkeit ihre Erklärung.

Erb [1]) hat die Versuche in der Weise wiederholt, dass er den polarisirenden Strom an dem eigenen Nervus ulnaris am Oberarm einleitete, und den zuckungsprüfenden Inductionsstrom mit beiden, 1—1½ Centimeter von einander entfernten Polen am Vorderarme in der Nähe der unteren polarisirenden Elektrode aufsetzte. Erb erhielt zu seiner Ueberraschung bei dieser Anordnung der Versuche Resultate, welche dem Pflüger'schen Gesetze sich geradezu entgegengesetzt verhielten; der Katelektrotonus wirkte herabsetzend, der Anelektrotonus erhöhend für die Erregbarkeit des motorischen Nerven gegen Inductionsströme von der secundären Spirale.

Bei der Besprechung dieser Ergebnisse im naturhistorisch-medicinischen Vereine zu Heidelberg sprach Helmholtz die Ansicht aus, »dass wohl die Lagerung des Nerven in dem nicht verletzten Körper die Ursache der beobachteten Abnormitäten enthalten möchte. Weil der Nerv in Verbindung mit einer verhältnissmässig grossen Masse gutleitenden Gewebes sei, müsse die Stromdichtigkeit mit der Entfernung von den Elektroden rasch abnehmen. Während natürlich unter den polarisirenden Elektroden die Stromdichtigkeit am grössten sei in dem Nerven, nehme dieselbe aber wegen der Umhüllung des Nerven mit feuchten Leitern so rasch ab, dass schon in geringer Entfernung von den Elektroden dieselbe als für den Nerven wirkungslos betrachtet werden könne. Schon in geringer Entfernung vom positiven Pol also sei die Stromdichtigkeit so gering, dass man ohne Fehler annehmen könne, der Strom trete hier aus dem Nerven aus — mit andern Worten, es befinde sich daselbst der negative Pol. Man wird somit schon in geringer Entfernung von dem einen Pol die Wirkungen des entgegengesetzten Pols nachweisen können. In den oben mitgetheilten Versuchen wird man demnach, wenn man die erregende Elektrode nicht nahe genug an die polarisirenden Elektroden heranbringen kann, in der Nähe der Anode

---

1) Ueber elektrotonische Erscheinungen am lebenden Menschen. D. Arch. f. klin. Medicin. Bd. III. pag. 238 u. 513.

die Erscheinungen des normalen Katelektrotonus erhalten, in der Nähe der Kathode die des normalen Anelektrotonus.«

Zur Prüfung dieser Voraussetzung wählte Erb eine Versuchsanordnung, welche es ermöglichte, den Reiz an der Stelle der grössten Stromdichtigkeit, nämlich innerhalb des Rayons der polarisirenden Elektroden selbst einwirken zu lassen. Erb liess in eine messingne Elektrodenplatte eine circa 1 Ctm. im Durchmesser haltende Oeffnung bohren und in diese eine kurze Glasröhre einkitten. Diese Glasröhre diente zur Einführung der feinen erregenden Elektrode des Inductionsstroms; indem sie an der Contaktfläche der Elektrode etwas über die letztere hervorragte, trennte sie die Schwammkappe der Platte von jener der feinen erregenden Elektrode genügend. Wurde nun die Spitze der letzteren in genaue Berührung mit dem Nerven gebracht, und der Inductionsstrom auf den Rücken des Vorderarms, der constante aber am Oberarm auf dem Ulnaris geschlossen, so fand die Erregung jedenfalls mitten in dem von dem einen oder anderen Pole elektrotonisirten Bezirk des Nerven Statt.

Bei dieser Anordnung der Versuche erhielt nun Erb Resultate, welche durchaus mit dem Pflüger'schen Gesetze in Einklang stehen, nämlich Erhöhung der Erregbarkeit im katelektrotonischen, Herabsetzung derselben im anelektrotonischen Bezirke.

P. Samt[1]) hat diese Frage von Neuem aufgenommen, da er dieselbe durch die Arbeiten von Eulenburg und Erb noch nicht für erledigt erachtete. Samt betrachtet die Nervenverschiebung, welche beim Ansetzen und Abnehmen der polarisirenden Elektroden unvermeidlich sei, ferner die Modification der Erregbarkeit durch den Druck der polarisirenden Elektroden, sowie die Steigerung der Erregbarkeit durch den reizenden Inductionsstrom selbst (welche nach Samt's Controlversuchen eine Differenz des Rollenabstandes bis zu 4 Ctm. zu Wege brachte) als wichtige Fehlerquellen bei den früheren Versuchen, deren Vermeidung unbedingt nöthig sei, um allgemein gültige Resultate zu erhalten. Er wählte deshalb bei seinen Experimenten Anordnungen, durch welche er die bezeichneten Mängel zu beseitigen glaubte.

---

1) Der Elektrotonus am Menschen. Diss. inaug. Berlin 1868.

Bei Samt's Versuchen waren die polarisirenden Elektroden in einer Entfernung von 5 Ctm. mit einander unbeweglich verbunden und bereits vor der Prüfung des Zuckungsminimums (durch den Inductionsstrom) am Oberarm über dem Medianus oder Ulnaris (natürlich bei geöffneter Kette) applicirt. Der negative Pol des Oeffnungsinductionsstroms stand mit kleiner Contactfläche oberhalb des Ellenbogengelenkes, der positive Pol stand als grössere Platte bei der Prüfung des Medianus unterhalb der Ellenbeuge in dem Raume zwischen Pronator teres und Supinator longus, bei der Prüfung des Ulnaris dicht oberhalb des Carpalgelenkes zwischen flexor, carpi radialis und ulnaris.

Was zunächst den extrapolaren Anelektrotonus anbetrifft, so sah Samt einen negativen Erregbarkeitszuwachs sich während der Polarisation entwickeln und zwar mit ziemlicher Trägheit. Die Intensität desselben war sehr ungleich, zuweilen kaum bemerklich und nicht selten durch den positiven Zuwachs, welcher eine Wirkung des reizenden Inductionsstroms war, ganz verdeckt. Die Muskelcontraction, welche von der stark anelektrotonisirten Nervenstrecke ausgelöst wird, ist sehr charakteristisch. Sie folgt nicht unmittelbar dem Reize; sie erfolgt vielmehr langsam und träge, bald unregelmässig, bald sehr heftig, bald gar nicht. Der hemmende Einfluss des Anelectrotonus gestattet endlich trotz der Reizung durch tetanisirende Ströme nur klonische Contractionen.

Im Moment der Oeffnung der polarisirenden Kette zeigte sich constant nur eine positive Modification, welche Samt für das sicherste Criterium des Anelectrotonus hält. Hierauf erfolgte meist wieder eine negative und dann wieder eine positive Schwankung.

Der extrapolare Katelektrotonus zeigt sich schon bei schwachen Strömen, bricht mit dem Kettenschluss meist rapid in den Nerven ein und ist oft ebenso wie der Anelektrotonus von einem auffallenden Charakter der Muskelcontractionen begleitet, indem bei einem gewissen Rollenabstand nicht mehr Tetanus, sondern nur noch einzelne Zuckungen entstehen.

Im Moment der Kettenöffnung war eine negative Modification fast constant, und nur selten trat ein positiver Zuwachs, vielleicht durch den Inductionsstrom hervorgerufen, auf.

Der negativen Schwankung folgte meist eine kurze positive und dann wieder eine negative.

In einer grossen Reihe von Versuchen erhielt Samt starke Abweichungen von den eben angeführten, ja sogar nicht selten das gerade Gegentheil. Samt ist nicht geneigt anzunehmen, dass der Strom ungleichmässig wirke, sondern er entscheidet sich für die Ansicht, dass das Paradoxe in den Erscheinungen seinen Grund in einer Inconstanz der Nervenmaterie habe. Diese Anschauung begründet er darauf, dass die paradoxen Resultate besonders häufig bei nervenkranken Individuen auftraten.

Weiter wurde diese Frage von Brückner[1]) einer experimentellen Prüfung unterworfen, welche insofern von Bedeutung ist, als Brückner durch neue Versuchsanordnungen die gegenseitige Beeinflussung der Pole des constanten und Inductionsstroms, welche ich schon früher bei der Prüfung der Eulenburg'schen und Erb'schen Versuche fand und oben kurz erwähnte, von Neuem constatirte. Es ist insbesondere ein Versuch mit dem Hintereinanderschalten beider Ströme in einen Kreis, in welchen alsdann auch der Nerv eingeschaltet wurde, sehr instructiv. Die Resultate dieses Experimentes sind: Bei gleicher Richtung des galvanischen und Oeffnungsinductionsstroms verstärkt sich die Wirkung des Inductionsstroms sehr bedeutend an beiden Polen, besonders am negativen. Eine Erhöhung und Verminderung dieses Effectes kann man durch Steigerung und Herabsetzung der Intensität sowohl des constanten als des inducirten Stromes hervorrufen. Bei entgegengesetzter Richtung sinkt der Reizeffekt des inducirten Stromes an beiden Polen sehr bedeutend, am stärksten am negativen Pol, und man kann es bei gleichbleibender mittlerer Stärke des Inductionsstroms durch langsame Steigerung des constanten Stroms dahin bringen, dass der Inductionsstrom gar nicht mehr wirkt, resp. nicht mehr empfunden wird.

Nach Brückner's Ansicht sind die angeführten Erscheinungen nicht physikalischer, sondern physiologischer Natur. Die Gründe, welche Brückner für diese seine Ansicht anführt, erscheinen jedoch nicht als ausreichend.

---

1) Ueber die Polarisation des lebenden Nerven im Menschen. Deutsche Klinik, 1868, Nr. 41 und 42.

Runge[1]) ist auf der von Brückner eingeschlagenen Bahn weiter gegangen und hat neben anderen Fragen (besonders den von der Spannungsdifferenz des Schliessungs- und Oeffnungsinductionsstroms, sowie von dem Leitungswiderstande der thierischen Gewebe, besonders der Haut) vor Allem den gegenseitigen Einfluss der in gleicher oder entgegengesetzter Richtung zu einander verlaufenden constanten und Inductionsströme studirt. Die wichtigsten Resultate der zum Theil sehr complicirten Versuche sind etwa folgende:

Verbindet man Batterie- und Inductionsstrom der Art, dass je eine Elektrode von jedem der beiden Ströme einen Pol enthält, so wird die Wirkung des Inductionsstromes in dieser Elektrode durch den Batteriestrom erhöht, wenn gleichnamige Pole verbunden sind; dagegen abgeschwächt, wenn ungleiche Pole vereinigt sind. Dies gilt sowohl für motorische als für sensible Nerven [2]).

Runge sucht die Ursache dieser Erscheinungen nicht in einer gegenseitigen Beeinflussung der Ströme in ihrer physikalischen Intensität, sondern in eine Veränderung der Spannungsdifferenzen an den Polen, insofern die zusammentreffenden gleichnamigen elektrischen Spannungen sich addiren, ungleichnamige zum Theil sich compensiren, also subtrahirt werden müssen. Von einem Katelectrotonus und Anelektrotonus im Sinne Pflüger's kann hier nach Runge nicht die Rede sein.

Runge schliesst seine Arbeit mit folgenden Sätzen:

»Eine Einwirkung des constanten Stromes, welche eine gewisse Nervenstrecke durchfliesst, auf die Erregbarkeit dieses Nerven für andere als elektrische Reize lässt sich am lebenden

1) Der Elektrotonus am lebenden Menschen. D. Arch. f. klin. Medicin. Bd. VII. p. 356. 1870.

2) Sehr hübsch und leicht anstellbar ist folgender Versuch, welchen Runge mittheilt. Die Spitzen zweier Finger werden jede auf eine Elektrode des Inductionsstromes gelegt, z. B. Zeigefinger auf die positive, Mittelfinger auf die negative. Nun wird die Inductionsrolle eingeschoben, bis Kriebeln ensteht und dann die Mitte beider Finger auf eine breite Elektrode des constanten Stromes gelegt, während dessen andere Elektrode irgendwo am Rumpfe aufgesetzt wird. Enthält nun die Elektrode, auf welcher beide Finger liegen, die Anode, so verstärkt sich das Kriebeln im Zeigefinger (+ Ind. Str.), während es im Mittelfinger abnimmt. Liegen die Finger auf der Kathode, so steigert sich umgekehrt das Kriebeln im Mittelfinger (— Ind. Str.) und sinkt im Zeigefinger.

unversehrten Körper ebensowenig nachweisen, wie dieselbe bisher am Froschpräparate nachgewiesen worden ist [1].

»Da die Nervenstrecke, welche auf und abwärts vom negativen Pole eines constanten Stromes und demselben zunächst liegt (sich nach der Theorie Pflüger's im Katelektrotonus befindet) nicht gegen jeden elektrischen Reiz, sondern nur gegen den Reiz des negativen Inductionsschlages erhöhte Erregbarkeit zeigt, während ihre Erregbarkeit für den positiven Inductionsschlag vermindert ist; da ferner die nach der Theorie im Anelektrotonus befindliche Strecke gegen positive elektrische Schläge erhöhte Erregbarkeit und nur gegen negativ-elektrische verminderte zeigt, so lässt sich das Verhältniss am einfachsten so ausdrücken: Nervenstrecken, welche unter dem Einfluss (in nächster Umgebung) einer Elektrode des constanten Stromes stehen, welcher eine gewisse Körperstrecke durchfliesst, sind erregbarer für Inductionsschläge, deren elektrische Beschaffenheit der Elektrode des constanten Pols gleichnamig ist, als für ungleichnamige. Dieser Satz gilt natürlich nur unter gehöriger Berücksichtigung des normalen Uebergewichtes des negativen Inductionsschlages. — Ein Einfluss der Richtung des elektrotonisirenden Stromes auf die Erregbarkeit ist nach Runge beim Menschen durchaus nicht nachweisbar. Was er gefunden hat, will er nur als polare Effecte der Elektroden ansehen.

Hiemit stellt sich Runge auf den Boden, welchen Brenner seit dem Jahre 1863 einnimmt und vertheidigt.

Brenner hat seit seinem ersten Aufsatze in der Petersburger medic. Zeitschrift im Jahre 1862 unablässig die Ansicht vertreten, dass die Wirkungen des constanten Stromes lediglich polare seien und dass die Richtung des Stromes, ob auf- oder absteigend, hiebei ganz ohne Bedeutung sei. Die Endergebnisse seiner Studien über die Wirkung des constanten Stromes auf die moto-

---

1) Es scheint Runge entgangen zu sein, dass in den physiologischen Laboratorien die Anwendung chemischer Reize, besonders der concentrirten Salzlösung, welche den Nerven durch Wasserentziehung reizt, als Erregbarkeits-Prüfer (besonders für die intrapolare Strecke) sehr zweckentsprechend befunden und gebräuchlich ist.

rische Faser des gesunden unverletzten Menschen hat Brenner (Elektrotherapie etc. Bd. II. p. 77 ff. in folgenden Sätzen zusammengefasst:

1. Die Möglichkeit, einen elektrischen Strom in einer bestimmten Richtung durch einen Nerven oder Muskel des unverletzten menschlichen Körpers zu leiten, entbehrt der methodischen Zuverlässigkeit. (Dieser Satz dürfte nach den oben mitgetheilten Versuchen von Burckhardt und mir über die Stromrichtung nicht mehr stichhaltig sein. Z.).

2. Die physiologische Wirkung der beiden Pole ist ebenso verschieden als die chemische, und es kommt, bei ungleichnamigen Ansatzpunkten der beiden Elektroden, immer die Wirkung derjenigen ausschliesslich oder vorwiegend zur Erscheinung, welche dem physiologisch differenten, dem erregbareren (d. h. dem Centrum näher gelegenen) Ansatzpunkte entspricht.

3. Je geringer der Unterschied beider Ansatzpunkte in Bezug auf die Erregbarkeit (Anspruchsfähigkeit) ist, um so mehr vermischt sich die Wirkung der einen Elektrode mit der der anderen; und insbesondere bei den höheren Sinnesnerven lässt es sich nachweisen, dass, wenn jener Unterschied ein verschwindend kleiner ist, die Wirkungen der beiden Elektroden sich gegenseitig aufheben.

4. Aus diesen Gründen muss man bei der elektrischen Untersuchung und Behandlung den das Objekt derselben bildenden Nerven möglichst unter den Einfluss derjenigen Elektrode versetzen, deren specifische Wirkung dem Zwecke der Untersuchung oder Behandlung entspricht.

5. Die Schliessungszuckung hängt von der Kathode, die Oeffnungszuckung von der Anode ab; während der Stromesdauer zeigt sich im Bereiche der Kathode erhöhte, im Bereiche der Anode herabgesetzte, nach der Kettenöffnung im Bereiche beider Elektroden erhöhte Erregbarkeit.

6. Es ist wohl zu berücksichtigen, dass im Bereiche jeder einzelnen Elektrode die dieser zukommenden Wirkungen nicht ausschliesslich auftreten, sondern dass im Bereiche der differenten Elektrode in geringerem Grade auch die Wirkungen der anderen Elektrode Platz greifen.

7. Die im Bereiche jeder einzelnen Elektrode während des Kettenschlusses und bei der Oeffnung auftretenden Wirkungen

sind entgegengesetzter Natur, und durch den Kunstgriff des Ein- und Ausschleichens kann jede von beiden Wirkungen unbeschadet der anderen verringert oder ganz ausgeschlossen werden.

8. Sowohl für die Qualität des Reizeffektes, als für den Modus, in welchem derselbe auftritt, ist es vollkommen gleichgültig, an welchem Theile der Kette die Schliessung und Oeffnung ausgeführt wird. Dagegen findet ein höchst erheblicher Unterschied in der Quantität des Reizeffektes statt, je nachdem die Schliessung und Oeffnung im metallischen Theile oder am Körper vorgenommen wird.

Filehne[1]) hat sich der dankenswerthen Aufgabe unterzogen, durch experimentelle Untersuchungen eine Vermittlung zwischen dem Zuckungsgesetze der Physiologen und den von Brenner aufgestellten Grundzügen der polaren Methode anzubahnen. Durch die Anordnung seiner Versuche suchte Filehne möglichst die Verhältnisse, wie sie am unverletzten lebenden Menschen bestehen, wieder zu geben, und es gelang ihm auf diese Weise eine Uebereinstimmung zwischen Brenner's und Pflüger's Gesetz durch den Nachweis herzustellen, dass die Effecte der Kathode den aufsteigenden Strömen, die Effecte der Anode den absteigenden Strömen der Physiologen entsprechen.

Filehne wies ferner durch Versuche nach, dass die Reizung mit einer Elektrode (indem nämlich die zweite Elektrode der ersten reizenden gegenüber und vom Nerven durch Muskelmassen getrennt steht) sich so verhielte, als ob die andere Elektrode sich gleichzeitig oberhalb und unterhalb, d. h. nach dem Centrum und der Peripherie zu, von der Reizungsstelle befände.

Nachdem die Uebereinstimmung des Zuckungsmodus am Menschen und am Froschpräparate nachgewiesen war, suchte Filehne diese Uebereinstimmung auch für den dritten Grad der Pflüger'schen Zuckungsformeln herzustellen. Für diese besteht am Menschen keine Beobachtung, weil übermässig starke Ströme nöthig sind. Filehne benutzte deshalb andere Säugethiere (Kaninchen) für diese Versuche und constatirte auch hier Uebereinstimmung. Zugleich zeigte sich, dass bei starken Strömen, wenn

---

1) Die elektrotherapeutische und physiologische Reizmethode. D. Arch. f. klin. Med. VII. p. 575 u. ff.

beide Elektroden dem Nerven anliegen, die untere (peripherische) Elektrode die allein wirksame, bestimmende ist, während es sich bei schwächeren Strömen so verhält, wie Brenner angibt, dass der Reizeffekt von der oberen, also central stehenden (differenten) Elektrode ausgeht.

Wenn auch die Deduction Filehne's in mancher Beziehung noch etwas Gezwungenes hat, so liegt doch in der von diesem Forscher eingeschlagenen Richtung der Weg zur erwünschten Verständigung. Spruchreif ist die Sache noch nicht.

Ich habe mich auch viel mit Elektrotonus-Versuchen an mir selber und an intelligenten Versuchspersonen abgemüht, ohne zu constanten Resultaten zu kommen. Insbesondere gelang es mir nicht, die Ergebnisse der Erb'schen Versuche bestätigen zu können, obwohl ich bei der Anordnung der Versuche sehr vorsichtig und genau nach Erb's (Helmholtz's) Angabe verfuhr. Dagegen kann ich den Einfluss der Gleichnamigkeit oder Ungleichnamigkeit der einander benachbarten Pole des polarisirenden Stroms und des erregbarkeitprüfenden Oeffnungsinductionsstroms auf den erzielten Reizeffect im Allgemeinen bestätigen, ohne mich desshalb allen Folgerungen Brückner's und Runge's anschliessen zu wollen.

Wir haben also gesehen, dass in Bezug auf die elektrotonischen Erscheinungen die Versuche am Menschen sehr differente Resultate ergeben. Die complicirten Verhältnisse am Lebenden und besonders die Umhüllung des Nerven mit gut leitenden Geweben bieten sehr wesentliche Hindernisse für ein exactes physiologisches Experiment. Andrerseits sind auch die physikalischen Verhältnisse, die wir gesehen haben, sehr verwickelter Art, indem bei der gleichzeitigen Anwendung des constanten (polarisirenden) und des inducirten (erregbarkeitprüfenden) Stromes eine gegenseitige Beeinflussung derselben nicht ausgeschlossen und die erregbarkeits**steigernde** Wirkung des faradischen Stromes auf den Nerven, dessen Erregbarkeitszustand er nur **prüfen** soll, nicht vermieden werden kann. Diese Schwierigkeit würde nur dann gehoben werden, wenn es gelänge, für die Prüfung der Erregbarkeitsveränderungen einen andern Reiz als den elektrischen zu finden. Hiezu ist aber wenig Aussicht vorhanden, denn der Willensreiz ist der Natur der Sache nach nicht

zu verwerthen, und mechanische oder thermische Reize lassen sich am motorischen Nerven des Menschen ebensowenig wie die chemischen Reize der Physiologen anwenden. Untersuchungen an grösseren Säugethieren werden hier aushelfen müssen und dürften auch, von Forschern unternommen, welche dem exacten physiologischen Experimente gewachsen sind, werthvolle Aufschlüsse geben. Auch lassen sich noch Aufklärungen von weiteren Untersuchungen am sensiblen Nerven erwarten, auf dessen Endausbreitungen wir mechanische und thermische Reize ohne Schwierigkeit einwirken lassen können. Bisher sind freilich die in dieser Richtung von Brückner und Runge angestellten Versuche ganz negativ ausgefallen.

In Bezug auf die Richtung des Stromes und seine Bedeutung bei der Einleitung galvanischer Ströme in den menschlichen Körper sind wir von einer sichern Anschauung noch weit entfernt. Die hohe Bedeutung, welche die Physiologie der Richtung des Stromes im Nerven beimisst, und die Entschiedenheit, mit welcher einzelne Elektrotherapeuten (Remak, Benedikt), für diese Bedeutung auch bei der Anwendung des galvanischen Stromes am Menschen aufgetreten sind, während andere (Brenner) dieselbe ganz in Abrede stellen, macht ein weiteres Studium dieses Gegenstandes nöthig. Vorläufig ist in dieser Beziehung durch die oben angeführten Versuche von Burkhardt und von mir soviel festgestellt, dass man dem Strom an der menschlichen Leiche und am lebenden Thiere sowohl in den Nerven als in den Centralorganen des Nervensystems eine bestimmte Richtung anweisen kann. — Am meisten gesichert sind unsere Kenntnisse über die Differenz in der Wirkung der beiden Pole. In dieser Beziehung verdanken wir von allen neueren Arbeiten denen Brenner's am meisten; seine Studien über die polaren Wirkungen des constanten Stromes am gesunden und kranken Nerven haben die Bahn gebrochen für ein ebenso wissenschaftliches als gewissenhaftes Studium dieser Materien. Spruchreif aber ist von allen diesen Fragen zur Zeit noch keine.

Wir begeben uns nun zurück zu der Betrachtung derjenigen Erscheinungen, welche bei der elektrischen Reizung der Nerven

und Muskeln des menschlichen Körpers unmittelbar in die Erscheinung treten.

Die **Nerven** antworten auf den elektrischen Reiz mit einer Aeusserung ihrer Function. Der motorische Nerv reagirt mit Contraction der von ihm innervirten Muskeln, der sensible mit Schmerzempfindung im Bereich seiner ganzen peripherischen Ausbreitung; beim gemischten Nerven zeigen sich beide Effekte, währenddem die Sympathicusreizung von Veränderungen an den Blutgefässen und von Verkürzungen anderer glatter Muskelfasern gefolgt ist.

Reizung eines motorischen Nerven durch einen Inductionsstrom erzeugt, eine genügende Stromintensität und -Dichte vorausgesetzt, eine tonische Contraction des betreffenden Muskels, welche eben so lange als die Faradisirung dauert. Die dauernde Erregung des Nerven und somit auch die tonische Muskelcontraction muss man sich aus einer Reihe einzelner äusserst schnell auf einander folgender Reizungen und Contractionen bestehend denken; sie ist immer Folge der Schliessung und Oeffnung der Kette und kann faktisch in eine Reihe einzelner, rasch auf einander folgender Verkürzungen zerlegt werden, wenn man durch besondere Vorrichtungen am Apparat die Unterbrechungen des Stromes sehr retardirt. Alsdann entspricht sowohl der Schliessung als der Oeffnung der Kette je eine Contraction und zwar fällt die Oeffnungszuckung stärker aus als die Schliessungszuckung.

Diese Erscheinung erklärt sich aus der verschiedenen Dauer des Schliessungs- und Oeffnungs-Stromes. Der durch die Schliessung des Stromes in der Spirale entstehende Extrastrom wirkt auf die Entwicklung des in der secundären Spirale inducirten Stromes verzögernd und schwächend ein, so dass man dieselbe als ein allmäliges Anschwellen von Null bis zum Maximum bezeichnen kann. Dagegen hat der durch die Oeffnung des Stromes in der secundären Spirale entstehende und in entgegengesetzter Richtung zum Schliessungsinductionsstrom verlaufende Oeffnungsstrom einen viel rascheren Verlauf vom Maximum zu Null, weil hier der Extrastrom in Folge der Oeffnung der Kette gar nicht zur Entwicklung kommt, folglich auch nicht hemmend auf die Abglei-

chung des Stromes einwirken kann. Obwohl also beide Ströme dieselben Elektricitätsmengen führen und die Magnetnadel der Boussole gleich stark ablenken, so ist doch ihre physiologische Wirkung eine verschieden starke. Dieses Ueberwiegen des Oeffnungsstromes zeigt sich nun auch dann, wenn, wie dies bei der gewöhnlichen Anwendung des Inductionsstroms der Fall ist, die Unterbrechungen so rapid auf einander folgen, dass der Reiz nahezu perpetuirlich auf den Nerven einwirkt, und dadurch ein Nachlass der Muskelcontraction oder gar ein vollständiger Wechsel von Erschlaffung und Verkürzung unmöglich wird. Die Contraction des Muskels ist nun eine tonische; ihre Energie ist grösser, wenn der betreffende motorische Nerv von der negativen Elektrode, durch welche der Oeffnungsinductionsstrom den Körper verlässt gereizt wird, als wenn er von dem positiven Pole erregt wird, an welchem der Oeffnungstrom in den Körper eintritt.

Helmholtz hat eine Modification an der Unterbrechungsvorrichtung des Magnetelektromotors angebracht, welche die Differenz in dem Verlauf der Schliessungs- und Oeffnungsinductionsströme und damit die Verschiedenheit in der Intensität der physiologischen Wirkungen beseitigt [1]). Dieselbe besteht in der Einfügung einer Nebenschliessung, welche von der Messingsäule, die den Hammerstiel trägt, zu dem einen Ende der inneren Drahtspirale geht, während das andere Ende derselben zum Elektromagneten geht und von hier zu der mittleren Messingsäule und zum Element zurückkehrt. Durch diese Vorrichtung bleibt der Kreis der inneren Spirale andauernd geschlossen, sodass sich der Extrastrom in ihr stets entwickeln kann. In Folge dessen werden die in der secundären Spirale inducirten Ströme nicht nur absolut schwächer, sondern es wird nun auch der Oeffnungsinductionsstrom in seinem Verlaufe durch den zur Entwicklung kommenden Extrastrom verzögert und dadurch dem Schliessungsinductionsstrom in Dauer und physikalischem Reizeffect ziemlich gleich.

Diese Helmholtz'sche Modification findet man übrigens an den zu therapeutischen Zwecken construirten Apparaten nicht

---

1) Vergl. Wiedemann, Galvanismus Bd. II p. 773 und Rosenthal, Electricitätslehre für Mediciner II. Aufl. pag. 119.

angebracht, und ich unterlasse es deshalb auf den Gegenstand genauer einzugehen.

Hier sei noch eines Irrthums in Betreff einer Differenz zwischen der Wirkung des Extrastroms und des Inductionsstroms gedacht, welcher durch Duchenne[1]) vertreten wird. Dieser Autor machte an seinem Apparate die an sich ganz richtige Beobachtung, dass der Strom aus der innern Rolle (Extrastrom) kräftiger auf die Sensibilität und Contractilität der unter der Haut gelegenen Organe, dagegen der Strom aus der äusseren Rolle (Inductionsstrom, auch wohl secundärer Inductionsstrom genannt) energischer auf die Sensibilität der Haut und auf die Retina wirke. Duchenne folgerte hieraus ganz allgemein, dass man, um möglichst schmerzlos Muskeln und andere tiefer gelegene Organe zu reizen, den Strom aus der inneren Rolle nehmen, zur Reizung der Haut und der Retina aber den Strom aus der äusseren Rolle wählen solle.

Die Ursache dieser Erscheinung suchte Duchenne vergebens. Rosenthal[2]) findet den Grund der Verschiedenheit, welche Duchenne beobachtete, nur in zufälligen Umständen, welche in dem Bau seines Apparates begründet sind. »Die secundäre Spirale des Duchenne'schen Apparates, sagt Rosenthal, besteht aus sehr zahlreichen Windungen eines ausserordentlich dünnen Drahtes. Mit der Zahl der Windungen wächst natürlich die elektromotorische Kraft des in ihr erzeugten Inductionsstroms, mit der Länge und Dünne des Drahtes wächst aber auch ihr Widerstand. Dieser ist daher bei dem Duchenne'schen Apparate ein sehr beträchtlicher. Benutzt man die secundäre Rolle zur Erregung der sensiblen Nerven, so kommt dieser Widerstand gegen den noch viel grösseren der trockenen Epidermis nicht so sehr in Betracht, man erhält eine kräftige Erregung. Dahingegen ist dieser Widerstand von sehr erheblichem Einflusse auf die Stromstärke, wenn es sich darum handelt, Muskeln zu erregen. Denn indem man in diesem Falle durch die Anwendung der feuchten Elektroden den Widerstand im menschlichen Körper herabsetzt, bleibt doch der Widerstand der Inductionsspirale so gross, dass der Strom keine erhebliche Stärke

1) L'Electrisation localisée II. Aufl. pag. 22 ff.

2) l. c. p. 194.

erreichen kann. Die ungeheure Windungszahl der secundären Spirale schadet aber in diesem Falle mehr, als durch die Vermehrung der inducirenden Wirkung gewonnen wird. Benutzt man dagegen den Extrastrom zur Erregung der Muskeln, so bekommt man kräftige Wirkungen, da jetzt bei dem geringeren Widerstande des eingeschalteten Körpertheils selbst bei geringerer inducirender Wirkung die Ströme schon hinreichend stark werden.«

Auch beim Batteriestrom überwiegt der negative Pol in Bezug auf physiologische Wirkung sehr beträchtlich über den positiven Pol. Davon kann man sich am besten überzeugen, wenn man zwei homologe Nerven z. B. die beiden Nervi crurales oder die Mediani gleichzeitig, den einen mit der positiven, den andern mit der negativen Elektrode wiederholt reizt und zwischen je zwei Reizungen die Richtung des Stromes (durch Commutation bei geöffneter Kette) verändert. Man sieht alsdann, dass das eine Mal die Zuckung rechts, das andere Mal links stärker ausfällt, je nachdem der negative Pol das eine Mal rechts, das andere Mal links sich befindet.

Reizung eines oberflächlich gelegenen motorischen Nerven mit einem Batteriestrom von geringer Intensität bei fest- und nahe bei einander stehenden Elektroden ruft nur beim Schluss der Kette eine kurz dauernde, zuckende Verkürzung des Muskels (Schliessungszuckung) hervor, während beim Geschlossensein der Kette sowie beim Oeffnen derselben der Muskel in Ruhe bleibt. Steigert man die Stromintensität, so tritt auch eine Oeffnungszuckung hinzu, welche aber schwächer ist, als die Schliessungszuckung. Bei noch höheren Stromstärken endlich wird auch das Fliessen des Stromes von einer tonischen Contraction des Muskels begleitet. Die für die genannten Effekte nöthigen Stromstärken lassen sich nicht allgemein ausdrücken, sondern müssen, da der Reizeffekt von der Dicke der Epidermis und der mehr weniger oberflächlichen Lage des Nerven abhängt, für jeden einzelnen Fall festgestellt werden. An meinem Körper erhalte ich, wenn ich z. B. am Nervus ulnaris mit verschiedenen Stromstärken experimentire, indem beide Electroden etwa einen Zoll von einander entfernt bei wohlangefeuchteter Epidermis auf dem Nervenstamm unbeweglich stehen, bei einem Strom von 6—8 Elementen nur eine schwache Schliessungs- und keine Oeffnungs-

zuckung, in welcher Richtung auch der Strom fliesse. Bei 10—12 S. Elementen tritt eine schwache Oeffnungszuckung hinzu, während sich die Schliessungszuckung verstärkt. Bei 14 S. Elementen tritt bereits Tetanus in den vom Ulnaris versorgten Muskeln ein, welcher jedoch durch willkürliche Contraction der Antagonisten noch leicht zu überwinden ist. Bei Vermehrung der Elementenzahl nimmt der Tetanus an Stärke zu und ist nur noch mit Mühe durch angestrengte Contraction der Antagonisten zu überwinden. Bei einer Stromstärke von 24 S. Elementen gelingt die willkürliche Lösung der Contraction nicht mehr.

Will man aber die Wirkung jedes einzelnen Pols auf den motorischen Nerven für sich und die Veränderungen des Reizeffektes durch wachsende Stromstärke studiren, so ist es nothwendig, die Pole von einander zu entfernen und nur einen auf den Nerven, den andern aber auf einen indifferenten Punkt (Sternum, Patella) aufzusetzen. Instructiver ist es noch, zwei gleichnamige Nerven z. B. die beiden Nervi mediani gleichzeitig mit je einem Pole zu reizen, weil der Effect bei der Möglichkeit einer genauen Vergleichung klarer hervortritt.

Ich empfehle zu diesen Versuchen besonders die beiden Nervi mediani und ulnares einige Centimeter oberhalb des Handgelenks; einerseits ist hier die Epidermis beiderseits ziemlich gleichdünn, und der Nerv oberflächlich gelegen, andererseits lassen sich die Vorderarme der Versuchsperson in stark supinirter Stellung lange erhalten und die Elektroden unverrückbar auf den Reizpunkten fixiren. Selbstverständlich muss hiebei das Schliessen und Oeffnen des Stromes im metallischen Theil der Kette durch einen Assistenten vorgenommen, und die Schmerzhaftigkeit und chemische Nebenwirkung des Stromes durch die Anwendung unpolarisirbarer Elektroden verhindert werden. Letzteres ist bei den höheren Stromstärken unumgänglich, weil durch die Heftigkeit der sensiblen Erregung Reflexcontractionen und auch willkürliche Bewegungen selbst bei den abgehärtetsten Versuchspersonen eintreten und die Beobachtung feinerer Veränderungen unmöglich machen. Operirt man nun mit allmälig steigenden Stromstärken, indem man bei stets gleicher Elementenzahl die Stromintensität durch den an der Kette in Nebenschliessung be-

findlichen Rheostaten regulirt[1]), so erhält man folgende Erscheinungsreihen:

I. Die niedrigste Stromintensität, mit welcher man überhaupt einen Reizeffect am motorischen Nerven hervorbringt, bewirkt eine Schliessungs-Zuckung an der Kathode.

II. Die nächst höhere Stromintensität bewirkt stärkere Ka S Zuckung und schwache An Oeffnungs-Zuckung.

III. Höhere Stromstärke setzt ausser den schon vorher bewirkten Zuckungen schwache An S Z.

IV. Weitere Steigerung: Es macht sich eine tonische Contraction an der Ka nach der S Z andauernd bemerklich.

V. Weitere Steigerung: Ka O-Zuckung tritt auf, die übrigen Zuckungen sind verstärkt, die tonische Contraction an der Ka ist energischer.

---

1) Die Anwendung des Rheostaten zur Regulirung der Stromstärke, welche von Brenner in die Elektrotherapie eingeführt wurde, ist höchst empfehlungswerth, weil dadurch die Möglichkeit gegeben wird, die Stromstärke bei gleicher Elementenzahl auf das Genaueste zu variiren. Verminderung oder Vermehrung der Elementenzahl gestattet nicht eine ebenso regelmässige Variation, da die einzelnen Elemente keineswegs immer gleiche elektromotorische Kraft besitzen, und ausserdem eine Gradation um 1 Element mehr oder weniger für empfindliche Regionen, z. B. für den Acusticus und die Retina häufig eine zu grobe Abstufung darstellt. — Auf die Anwendungsweise des Rheostaten wird weiter unten bei der Beschreibung der Apparate genauer eingegangen werden. Hier sei nur zur vorläufigen Orientirung bemerkt, dass, je geringer der Widerstand in der Nebenschliessung d. h. im Rheostaten ist, um so mehr Elektricität durch diesen, um so weniger also durch den Körper geht, und andererseits, dass, je höher die Widerstandszahlen am Rheostaten werden, um so höhere Stromstärken durch den Körper gehen.

Die von Brenner eingeführte Bezeichnung der verschiedenen Stromstärken verdient wegen ihrer Einfachheit allgemein adoptirt zu werden. XXX 10 bedeutet einen Strom aus 30 S. Elementen mit 10 S. Widerstands-Einheiten in der Nebenschliessung, also eine für den Körper kaum wahrnehmbare Stromintensität; dagegen bezeichnet XXX 700 einen Strom mit 30 Elementen und 700 S. Widerstands-Einheiten in der Nebenschliessung, also eine sehr beträchtliche Stromintensität, da wegen des starken Widerstandes im Rheostaten fast der ganze Strom durch den Körper geht.

VI. Höchste Stromstärke: Leichte tonische Contraction an der An, alle übrigen Zuckungen etc. sehr intensiv.

Vergleichen wir mit diesen Ergebnissen meiner Versuche die früher von Brenner erhaltenen Resultate, so stellt sich eine fast vollständige Uebereinstimmung heraus. Brenner[1]) trennte die Stromstärke nach dem Reizeffekte in sechs verschiedene Grade:

Erster, minimaler Grad. Charakterisirt sich durch Ka S-Zuckung bei Abwesenheit aller anderen Zuckungen.

Zweiter Grad. Charakterisirt sich durch A S-Zuckung bei gleichzeitig verstärkter Ka S-Zuckung und Abwesenheit der übrigen.

Dritter Grad. Charakterisirt sich durch A O-Zuckung bei gleichzeitiger Verstärkung der früher aufgetretenen und Abwesenheit der übrigen Zuckungen.

Vierter Grad. Kennzeichnet sich dadurch, dass die Ka S-Zuckung ihren momentanen Charakter verliert und eine wahrnehmbare Zeit hierdurch die Ka D begleitet.

Fünfter Grad. Charakterisirt sich durch Ka O-Zuckung. Alle früheren Zuckungen sind wiederum verstärkt.

Sechster Grad. Bezeichnet das nicht immer erreichbare Maximum der Stromstärke und charakterisirt sich dadurch, dass zu den bisherigen Zuckungen noch eine Verlängerung der A S-Zuckung hinzutritt.

Die sich findenden Abweichungen sind untergeordneter Natur. Ich sah die An O-Zuckung gewöhnlich vor der An S-Zuckung eintreten; nur am Facialis findet, wie schon Brenner bemerkt, gewöhnlich das Umgekehrte Statt (vgl. die nachstehende I. Versuchsreihe). Uebrigens treten sie auch am Facialis und an anderen Nerven nicht selten ganz gleichzeitig, d. h. bei genau derselben Stromstärke auf, wodurch sich in diesen Fällen die Zahl der Grade um einen vermindert. Ich sah ferner die An D. Z. öfter als Brenner, was wohl in der Anwendung der unpolarisirbaren Elektroden seinen Grund haben dürfte, da durch dieselben die Heranziehung sehr hoher Stromintensitäten ermöglicht wurde.

---

1) l. c. Bd. II, p. 45.

Einige Beispiele mögen hier Platz finden[1]).

I. N. facialis beiderseits durch unpolarisirbare Elektroden gereizt.

XXX. 100. **Ka. S. z.**
150. Ka. S. z.′
A. S. z.
200. Ka. S. Z.
A. S. z.′
A. O. z.
250. Ka. S. Z.′
An. S. Z.
Ka. D. Z. >
An. O. Z.
950. Ka. S. Z.″
An. S. Z.′
Ka. D. Z.′ >
An. D. z. >
An. O. Z.′
1100. Ka. S. Z.‴
An. S. Z.″
Ka. D. Z.″ >
An. D. z.′ >
Ka. O. z.
An. O. Z.′

II. Ram. extern. N. accessorii beiderseits mit unpolarisirbaren Elektroden gereizt.

XL. 200. **K. S. z.**
350. Ka. S. z.′
An. O. Z.
400. Ka. S. Z.
An. S. z.
An. O. z.′
900. Ka. S. Z.′
An. S. z.′

---

1) Die verschiedenen Intensitäten der Zuckung werden von den schwächsten zu den stärksten aufsteigend mit z, z′, Z, Z′, Z″, Z‴ bezeichnet; die halbfett gedruckten Angaben sind die in den betreffenden Versuchs-Abschnitten neu auftretenden Erscheinungen. D. Z > bedeutet tonische Contraction mit abnehmender Stärke, sich unmittelbar an die Schliessungs-Zuckung anschliessend.

Ka. D. z. >
An. O. Z.
1050. Ka. S. Z.″
An. S. Z.
Ka. D. Z. >
An. O. Z.′
Ka. O. z.
1100. Ka. S. Z.‴
An. S. Z.
Ka. D. Z.‴ >
An. D. z. >
An. O. Z.′
Ka. O. z.′

Wechsel der Stromesrichtung, mittelst des Commutators ausgeführt, übt einen weit energischeren Reiz auf den Nerven aus, als die einfache Schliessung oder Oeffnung der Kette; und zwar ist der physiologische Effekt, wenn beide Elektroden nahe bei einander auf demselben Nerven stehen, gerade doppelt so stark bei der Commutation, als beim einfachen Schliessen oder Oeffnen der Kette. Ein Versuch mit einem schwachen Strom von 6 Elementen am Nervus ulnaris in der vorher erwähnten Weise angestellt zeigt diesen Unterschied sehr frappant. Schliessung der Kette erregt je nach dem Grade der Befeuchtung der Epidermis und des Turgors der Haut entweder gar keine oder nur eine minimale Zuckung, während die Commutation eine kräftige Zuckung in den vom Ulnaris versorgten Handmuskeln auslöst.

Der physikalische Grund dieser Erscheinung liegt, wie zuerst von Brenner hervorgehoben wurde[1]), in der verdoppelten Differenz der Reizwirkung der beiden Pole. Schliessen wir die Kette von 6 Elementen, so haben wir den Effekt eines Stromes, welcher von Null bis zu 6 ansteigt; öffnen wir die Kette, so haben wir den Effekt eines Stromes, welcher rasch von 6 bis auf Null sinkt. In beiden Fällen ist die Differenz = 6. Bei der Commutation dagegen sinkt der Strom an dem einen Pol von + 6 bis auf — 6, während an dem andern er von — 6 bis auf + 6 sich hebt.

1) Brenner, Versuch zur Begründung einer rationellen Methode in der Elektrotherapie, genannt die polare Methode. Petersburger med. Zeitschrift Bd. II. 1862, p. 264.

An beiden Polen ist also die Differenz = 12. Selbstverständlich fällt auch bei der Commutation der physiologische Reizeffekt an dem vom positiven zum negativen umgewandelten Pol, also an dem, an welchem der Strom von + 6 auf — 6 sinkt, stärker aus, als an dem entgegengesetzten. Hievon kann man sich leicht überzeugen, wenn man zwei homologe Nerven z. B. die beiden rami externi N. accessorii gleichzeitig (jeden mit einem Pole) reizt und dann den Commutator spielen lässt. Je nach der Stellung der Pole fällt die Zuckung das eine Mal rechts, das andere Mal links stärker aus.

Zu diesem physikalischen Grunde für die kräftige Reizwirkung der Volta'schen Alternativen, wie die Abwechselungen in der Richtung des Stromes dem Entdecker der physiologischen Wirkung der Commutation Volta[1]) zu Ehren genannt werden, kommt nun noch das physiologische Moment der Steigerung der Erregbarkeit im Nerven, nämlich einmal durch das Fliessen des Stromes überhaupt und zweitens durch die raschen Aenderungen der Stromrichtung.

Dass ein galvanischer Strom, der einen Nerven des menschlichen Körpers durchfliesst, die Erregbarkeit desselben steigert, wird weiter unten genauer nachgewiesen werden. Die erregende

1) Volta's hierher gehöriger Fundamentalversuch findet sich in seiner Abhandlung: »Sull' identitá del fluido elettrico col fluido galvanico« in den Collezione dell' opere del Conte Alessandro Volta P. C., Firenze 1816, Tom. II. Parte II pag. 220 ff.

Volta setzte die Froschschenkel rittlings in 2 in die Kette eingeschaltete Wasserbecher, so dass der Strom in dem einen Schenkel auf-, in dem andern abstieg. Oeffnung und Schliessung desselben bewirkte Anfangs kräftige Contractionen. Ging aber der Strom längere Zeit, etwa $1/2$ Stunde, durch, so kam es vor, dass die Muskeln alle Erregbarkeit verloren hatten und sich weder beim Oeffnen noch beim Schliessen zusammenzogen. Wendete Volta nun den Strom, so dass derselbe nunmehr in dem Schenkel, in welchem er aufgestiegen war, abstieg, und umgekehrt, so brachte Schliessung und Oeffnung des Kreises sehr heftige Zuckungen zu Wege. Blieben die Schenkel aber diesem umgekehrten Strome wiederum eine halbe Stunde ausgesetzt, so verloren sie ebenfalls wieder die Fähigkeit, durch Unterbrechung oder Schliessung desselben Stromes sich zusammenzuziehen, während die entgegengesetzte Richtung des Stromes diese Fähigkeit wieder hervorrief. Diesen Wechsel der Reaction konnte Volta an einem und demselben Froschpräparat einen ganzen Tag und länger von halber zu halber Stunde verfolgen.

Wirkung der Aenderung der Stromrichtung ist durch die Versuche von Volta und die späteren, schon oben (p. 60) erwähnten Untersuchungen Rosenthal's für das Forschpräparat nachgewiesen; sie lässt sich aber auch am menschlichen Körper mit Präcision demonstriren. Nothwendig ist hierzu, dass man den Nerven eine Zeit lang in einer Richtung galvanisirt, dann die Stromwendung bei geöffneter Kette (um die stark erregende Wirkung der physikalischen Poldifferenz auszuschliessen) vornimmt und nun die Erregbarkeit des Nerven für den Strom mit umgekehrter Richtung und gleicher oder geringerer Stärke prüft (der Rheostat ist hierbei unentbehrlich). Es zeigt sich nun die Erregbarkeit gesteigert, und zwar um so mehr, je länger der Strom vorher auf den Nerven eingewirkt hatte. Diese Erregbarkeitssteigerung erweist sich höher, als nach einfachem Schliessen der Kette in derselben Richtung.

Selbstverständlich erreicht die Steigerung der Erregbarkeit den höchsten Grad, wenn das physikalische und physiologische Moment zusammenwirken — wenn also der Strom, nachdem er längere Zeit den Nerv durchflossen, mit im Momente der Wendung verdoppelter Intensität auf den Nerven einwirkt, um alsdann in entgegengesetzter Richtung zu fliessen; von dieser aber bald wieder in die frühere Richtung zurückgeführt wird und so fort.

Das Anwachsen der Zuckungsgrösse, welches man bei gleichbleibender Stromstärke durch oft wiederholte Commutationen zu Wege bringt, ist sehr überraschend. Mit jeder Wendung nimmt die Zuckung an Grösse zu, und ein Strom, welcher (bei wohl durchfeuchteter Epidermis etc.) im Anfang keine Zuckung auslöste, erregt nach wiederholten Wendungen sehr kräftige Zuckungen. Diese Erscheinung zeigt sich sowohl bei gesunden als kranken Nerven, vorausgesetzt, dass im letzteren Falle die Ansprucbsfähigkeit überhaupt erhalten ist.

Die Grösse dieser Erregbarkeitssteigerung wird nach Brenner's Beobachtung, die ich bestätigen kann, begünstigt durch die Schnelligkeit, mit der die Wendung geschieht resp. durch möglichste Kürze des Intervalls zwischen Oeffnung und Schliessung[1]).

---

1) Brenner hat, um die Dauer der Unterbrechung auf ein Minimum reduciren zu können, eine Modification des Stromwenders construirt, welche bei den Apparaten genauer beschrieben werden wird.

Sie macht sich ferner in derselben Stärke auch an den sensiblen und sympathischen und Sinnes-Nerven bemerklich.

Die Stromwendung ist hienach ein sehr kräftiges Reizmittel für Nerv und Muskel, und ebenso unentbehrlich bei der Diagnose und Prognose, als bei der Therapie der Nerven- und Muskelkrankheiten.

Die Dauer der Erregbarkeitssteigerung ist verschieden je nach der Stärke des einwirkenden Stromes, der Dauer des Fliessens und der Häufigkeit der Wendungen. Sie beträgt etwa 5—10 Minuten, selten länger.

Muskel.

Die Beobachtungen am Muskel des lebenden Menschen ergeben im Allgemeinen Resultate, welche mit denen der physiologischen Untersuchungen ganz wohl in Einklang zu bringen sind.

Reizung eines blossliegenden Muskels mit dem Inductionsstrome ergiebt, wenn eine im Verhältniss zur Grösse des Muskels geringe Stromstärke zur Anwendung kommt, nur eine Verkürzung des von der Elektrode direkt getroffenen Bündels. Mit der Steigerung der Stromstärke dehnt sich die Reizung auch auf die benachbarten Bündel aus und man kann es auf diese Weise zu einer Verkürzung des ganzen Muskels bringen.

Dasselbe beobachtet man an dem von der Haut bedeckten Muskel. Die Grösse der Contaktfläche der Elektrode ist für den Reizeffect entscheidend; je grösser die erstere, um so geringere Stromstärken sind zur Erzielung completer Muskelcontractionen erforderlich.

Reizt man dagegen einen blossliegenden, quergestreiften Muskel mit dem constanten Strome, so erhält man ebenfalls bündelweise oder Gesammt-Contractionen des Muskels, je nachdem man kleine oder grosse Contactflächen anwendet. Die galvanische Contraction fällt ferner je nach der Stromstärke verschieden aus: schwache Ströme bewirken nur eine Schliessungszuckung, stärkere auch eine Oeffnungszuckung, sehr starke einen dauernden Tetanus. Die Verkürzung, welche der Inductionsstrom erzielt, ist bei entsprechender Stromstärke immer eine dauernde (tetanische).

Alle diese Contractionsphänomene sind offenbar abhängig von der Reizung der innerhalb des Muskels verlaufenden motorischen Nervenröhren. Denn sie treten ganz in derselben Weise

auf und verlaufen in derselben Reihenfolge, wie bei alleiniger Reizung des motorischen Nerven.

Ist dagegen die Funktion der motorischen Nerven ganz ausgeschlossen durch vollständige Degeneration derselben vom Stamm bis in die feinsten Muskelverzweigungen hin, so tritt erst der Effect der direkten Reizung der Muskelsubstanz zu Tage[1]. Dieser besteht in einer trägen Zusammenziehung[2]. Diese träge Zuckung contrastirt sehr lebhaft mit der blitzartigen Zuckung, welche der Muskel bei der Reizung des motorischen Nerven zeigt. Sie lässt sich hervorrufen, solange überhaupt der Muskel existirt. Da nun die Degeneration eines durch Aufhebung der Innervation zu dauernder Unthätigkeit verdammten Muskels erfahrungsgemäss sehr langsam vor sich geht, so lässt sich die Muskelverkürzung, wenn auch allmälig an Stärke abnehmend und immer höhere Stromintensitäten erfordernd, doch gewöhnlich Jahre lang produciren[3].

Immer aber ist zur Erzielung der beschriebenen Muskelverkürzung eine gewisse Dauer des galvanischen Stromes erforderlich. Galvanische Ströme von momentaner Dauer erregen die Muskelsubstanz nicht (Neumann, Ziemssen), ebensowenig Inductionsströme, da auch bei diesen jedes einzelne elektrische Reizmoment d. h. die Erhebung des Stroms von Null zum Maximum und das Wiederabsinken zu Null nur von momentaner Dauer ist.

---

1) Selbstverständlich muss bei dieser Auffassung die von der Physiologie noch nicht gelöste Frage, ob die marklosen Endausbreitungen der Nerven in den Muskeln trotz vollendeter Degeneration der markhaltigen Nervenröhren bei direkter Muskelreizung eine Rolle spielen, offen bleiben. Nur unter diesem Vorbehalt können wir von direkter Reizung der Muskelsubstanz sprechen. Vgl. Vierordt's Physiologie des Menschen IV. Aufl. 1871 pg. 61.

2) Vergl. Erb: Zur Pathologie und pathologischen Anatomie peripherischer Nerven. Deutsches Archiv für klin. Med. Bd. IV, p. 535 und Bd. V, p. 42 ff. und Ziemssen und Weiss: Die Veränderungen der elektrischen Erregbarkeit bei traumatischen Lähmungen. Deutsches Archiv für klin. Med. Bd. IV, p. 579.

3) Ich beobachte seit langer Zeit einen Fall von traumatischer Facialislähmung, bei welchem in den gelähmten Muskeln eine schwache galvanische Erregbarkeit noch immer besteht, obwohl die Degeneration der betroffenen Fascialiszweige schon seit 2½ Jahren vollendet ist.

Jede Contraction eines Muskels ist von einer Steigerung seiner Wärme begleitet. Diese Wärmesteigerung steht in geradem Verhältnisse zur Energie und Dauer der Contraction.

Becquerel und Breschet [1]) constatirten zuerst mittelst thermoelektrischer Messungen, dass die Wärme in den willkürlichen Muskeln sich durch starkes Arbeiten derselben erheblich steigere, z. B. in dem Biceps eines Mannes nach 5 Minuten dauerndem Sägen um 1^0 C.

Auch Gierse [2]) bestätigte diesen Befund bei Hunden, indem er zeigte, dass die Haut über den contrahirten Muskeln des einen Schenkels beträchtlich wärmer sei, als die Haut über den schlaffen Muskeln des andern Schenkels.

Helmholtz [3]) schloss zur Erledigung der Frage, woher die Wärme stamme, den Einfluss der Circulation und der Blutwärme aus, indem er die Oberschenkelmuskeln von Fröschen, deren Schenkel nur noch durch den Nerven mit dem Körper zusammenhing, zu thermoelektrischen Messungen benutzte. Es stellte sich hierbei heraus, dass die Wärme in den Muskeln nach einem 2—3 Minuten währenden Tetanus um $0{,}14-0{,}18^0$ C. stieg. Auch Matteucci [4]), der die Versuche am Frosche wiederholte, fand eine Temperatursteigerung um $0{,}5^0$ C. in dem Muskel.

Da die Frage von der Temperatursteigerung innerhalb contrahirter Muskeln mir eine grosse praktische Bedeutung zu haben schien, insofern sich daraus Anhaltspunkte für die Erklärung der Wirkung der faradischen Behandlung gelähmter oder sonst in mangelhaften Ernährungsverhältnissen befindlicher Muskeln ergeben dürften, so stellte ich im Jahre 1856 eine Reihe von thermometrischen Untersuchungen an der Haut über solchen Muskeln an, welche längere Zeit in tetanischer Verkürzung standen.

Zu diesen Versuchen bediente ich mich eines Normal-Thermometers von Ch. F. Geissler in Berlin, dessen Quecksilber-

---

1) Annal. des sciences natur. Zool. 2 Ser. III, 257. IV, 243.

2) Quaenam sit ratio caloris organ. partium inflammatione laborantium, febrium etc. Dissert. inaug. Halae 1842.

3) Müller's Archiv 1848. pag. 144.

4) Proc. of the Royal Society 1856. Vol. VIII. Nr. 22.

Reservoir eine Spindel von ca. 15 Millimeter Länge und 5 Millimeter Dicke darstellt. Die Eintheilung in Zehntel-Grade ist so weitläufig, dass man bequem Zwanzigstel-Grade ablesen kann. Die Form des Quecksilber-Reservoirs sowie die Empfindlichkeit des Instrumentes lassen dasselbe zu Messungen der Temperatur an der Körperoberfläche besonders geeignet erscheinen. Das Verfahren bei den Messungen war so, dass ich die Queeksilber-Spindel in die Furche zwischen dem M. extensor. digitor. commun. und M. ext. carpi radial. brev. einlegte, dieselbe in ihrer ganzen Länge der Haut möglichst genau coaptirte und in dieser Stellung 20 Minuten vor der Reizung, sodann während derselben und eine längere Zeit nach dem Oeffnen der Kette unverrückt fixirte. Die Erhebung von Hautfalten behufs Umhüllung der Spindel habe ich nach vielen Versuchen als unbrauchbar und zu Irrthümern führend aufgegeben.

Die meisten Versuche wurden bei unbedeckter Haut angestellt, wobei mit der grössten Sorgfalt die Einwirkung von Luftströmungen und die Verrückung der Spindel vermieden wurde. Ich habe indessen die Resultate dieser Versuche durch Experimentiren bei Umhüllung des Vorderarms und der Spindel mit dreifachen Lagen von dickem Flanell controllirt. Selbstredend können die Resultate immer nur einen relativen Werth haben, da einerseits die Wärmeabgabe des Quecksilbers in der Spindel an die äussere Luft nicht vermieden werden kann, andererseits durch die Bedeckung der Epidermis mit schleehten Leitern die normale Wärmeausgabe der Haut gestört wird; indessen zeigen doch die Resultate der einzelnen Versuchs-Reihen eine Uebereinstimmung, welche über die Thatsaehe keinen Zweifel lässt.

Die Verkürzung der Streckmuskeln am Vorderarm wurde durch localisirte Faradisirung des N. radialis am Oberarm, da wo er sich um den Humerus nach vorne herumwindet — ungefähr in der Mitte zwischen dem Condyl. ext. humeri und dem Ansatze des M. deltoid. — mittelst der positiven Elektrode bewerkstelligt, während die negative auf dem Sternum fixirt war. Es wurde auf diese Weise der Vorderarm und speciell die Oberfläche der über die Streckmuskeln gespannten Haut mit den Elektroden überhaupt nieht berührt, und dadureh eine directe Einwirkung des Stromes auf die Blutgefässe der Cutis ausge-

schlossen. Auch ist man bei der Reizung des N. radialis sicher, keine erhebliche zu den Streckmuskeln verlaufende Arterie zu treffen.

Hatte das Quecksilber in der Steigröhre bei einer Zimmertemperatur von 15° R. nach 15—20 Minuten einen unveränderten Stand eingenommen, so begann die Reizung mit einem bei allen Versuchen ziemlich gleich starken Inductionsstrome, der in den Streckmuskeln der Hand und Finger eine äusserst kräftige tetanische Contraction hervorrief.

Ich will aus einer grossen Menge von Versuchen zunächst drei Reihen von Messungen mittheilen, welche an einem und demselben Individuum — einem ältlichen Manne mit schlaffer Musculatur und nachgiebiger Haut — zu verschiedenen Zeiten angestellt wurden. Es folgen sodann zwei Versuche an einem kräftigen Manne, welcher an dem zur Messung gewählten Arme durch Quetschung des N. radialis am Oberarm eine complete Lähmung der Finger- und Hand-Streckmuskeln erlitten hatte, ein Umstand, dem der anfängliche niedrige Stand der Hauttemperatur daselbst zuzuschreiben sein dürfte.

I. Versuch

bei unbedeckter Haut.

Wärme am Vorderarm zwischen M. extens. digitor. comm. und M. extens. carpi radial. brev. 34,7° C.

Inductionsstrom von 4 Minuten durch den N. radialis; beim Oeffnen der Kette 34,8

Am Ende der	1. Minute	nach	geöffneter Kette	35,3
do.	2.	do.	do.	35,55
do.	3.	do.	do.	35,65
do.	4.	do.	do.	35,7
do.	5.	do.	do.	35,7
do.	6.	do.	do.	35,65
do.	7.	do.	do.	35,6
do.	8.	do.	do.	35,55
do.	9.	do.	do.	35,45
do.	10.	do.	do.	35,35
do.	11.	do.	do.	35,3
do.	12.	do.	do.	35,3

In der 13. Minute begann sofort ein neuer
Strom von 1 Minute
beim Oeffnen der Kette 34,7° C.

Am Ende der 1 Minute nach geöffneter Kette 35,1
do. 2. do. do. 35,3
do. 3. do. do. 34,4
do. 4. do. do. 35,45
In der 6. Minute begann sofort ein neuer
Strom von 1 Minute
beim Oeffnen der Kette 35,1° C.

Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette 35,3
do. 2. do. do. 35,4
do. 3. do. do. 35,5
do. 5. do. do. 35,6
In der 5. Minute begann sofort ein neuer
Strom von 1 Minute
beim Oeffnen der Kette 35,45

Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette 35,7
In der 3. Minute begann sofort ein neuer
Strom von 1 Minute
beim Oeffnen der Kette 35,6

Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette 35,8
do. 2. do. do. 35,8
do. 3. do. do. 35,9
In der 6. Minute begann sofort ein neuer
Strom von 1 Minute
beim Oeffnen der Kette 35,6

Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette 35,9
do. 2. do. do. 36
do. 3. do. do. 35,95
do. 4. do. do. 35,9
do. 5. do. do. 35,85

II. Versuch

bei bedecktem Vorderarm (mit Flanell).

Wärme der Haut am Vorderarm (ibid.) 33,3° C.
Strom von 2 Minuten durch den N. radialis
beim Schluss der Kette 33,3
beim Oeffnen derselben 32,9

Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette 33,9° C.
do. 2. do. do. 34,7
do. 3. do. do. 35
do. 4. do. do. 35,1
do. 5. do. do. 35,1
In der 6. Minute beginnt sofort ein neuer
Strom von 2 Minuten
beim Schluss der Kette 35,1
beim Oeffnen derselben 34,6

Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette 35,5
do. 2. do. do. 35,8
do. 3. do. do. 36
In der 4. Minute beginnt sofort ein neuer
Strom von 2 Minuten
beim Schluss der Kette 36
beim Oeffnen derselben 35,7

Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette 36,3
do. 2. do. do. 36,45
In der 3. Minute beginnt sofort ein neuer
Strom von 2 Minuten
beim Schluss der Kette 36,45
beim Oeffnen derselben 36,1

Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette 36,5
do. 2. do. do. 36,6
In der 3. Minute beginnt sofort ein neuer
Strom von 1 Minute
beim Schluss der Kette 36,6
beim Oeffnen derselben 36,2

Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette 36,6
do. 2. do. do. 36,65
In der 3. Minute beginnt sofort ein neuer
Strom von 1 Minute
beim Schluss der Kette 36,65
beim Oeffnen derselben 36,3

Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette 36,7
do. 2. do. do. 36,7
do. 3. do. do. 36,6
do. 4. do. do. 36,55
do. 5. do. do. 36,5
do. 6. do. do. 36,5
do. 7. do. do. 36,45

Am Ende der	8.	Minute	nach geöffneter Kette	36,4° C.
do.	9.	do.	do.	36,3
do.	10.	do.	do.	36,25
do.	11.	do.	do.	36,2
do.	12.	do.	do.	36,2
do.	13.	do.	do.	36,15
do.	14.	do.	do.	36,1
do.	15.	do.	do.	36,1
do.	16.	do.	do.	36,05
do.	17.	do.	do.	36
do.	18.	do.	do.	36
do.	19.	do.	do.	35,95
do.	20.	do.	do.	35,9
do.	21.	do.	do.	35,9
do.	22.	do.	do.	35,85
do.	23.	do.	do.	35,8
do.	24.	do.	do.	35,75
do.	25.	do.	do.	35,75
do.	26.	do.	do.	35,7
do.	27.	do.	do.	35,7
do.	28.	do.	do.	35,65
do.	29.	do.	do.	35,6
do.	30.	do.	do.	35,55
do.	31.	do.	do.	35,5
do.	32.	do.	do.	35,5
do.	33.	do.	do.	35,45
do.	34.	do.	do.	35,4
do.	35.	do.	do.	35,35
do.	36.	do.	do.	35,3
do.	37.	do.	do.	35,25
do.	38.	do.	do.	35,2
do.	39.	do.	do.	35,1
do.	40.	do.	do.	35,05
do.	41.	do.	do.	35
do.	42.	do.	do.	34,85
do.	43.	do.	do.	34,9
do.	44.	do.	do.	34,85
do.	45.	do.	do.	34,8
do.	46.	do.	do.	34,8
do.	47.	do.	do.	34,75
do.	48.	do.	do.	34,7
do.	49.	do.	do.	34,65
do.	50.	do.	do.	34,65

Am Ende der	51.	Minute nach	geöffneter Kette	34,6° C.
do.	52.	do.	do.	34,55
do.	53.	do.	do.	34,5
do.	54.	do.	do.	34,5
do.	55.	do.	do.	34,5
do.	56.	do.	do.	34,5
do.	57.	do.	do.	34,5
do.	58.	do.	do.	34,5

III. Versuch

bei unbedeckter Haut.

Wärme der Haut am Vorderarm (ibidem)				33,7° C.
Contraction von 2 Minuten				
			beim Schluss der Kette	33,7
			beim Oeffnen derselben	33,5
Am Ende der	1.	Minute nach	geöffneter Kette	34
do.	2.	do.	do.	34,3
do.	3.	do.	do.	34,7
do.	4.	do.	do.	34,8
do.	5.	do.	do.	34,9
do.	6.	do.	do.	34,9
do.	7.	do.	do.	34,85
do.	8.	do.	do.	34,75
do.	9.	do.	do.	34,7
Contraction von 2 Minuten				
			beim Schluss der Kette	34,7
			beim Oeffnen derselben	34,4
Am Ende der	1.	Minute nach	geöffneter Kette	34,85
do.	2.	do.	do.	35
do.	3.	do.	do.	35,1
do.	4.	do.	do.	35,25
do.	5.	do.	do.	35,25
do.	6.	do.	do.	35,25
do.	7.	do.	do.	35,2
do.	8.	do.	do.	35
do.	9.	do.	do.	34,8
do.	10.	do.	do.	34,7
In der 12. Minute begann sofort eine				
Contraction von 2 Minuten				
			beim Schluss der Kette	34,6
			beim Oeffnen derselben	34,4

Am Ende der	1. Minute	nach geöffneter Kette.		34,7° C.
do.	2.	do.	do.	34,9
do.	3.	do.	do.	35
do.	4.	do.	do.	35,05
do.	5.	do.	do.	34,9
do.	6.	do.	do.	34,8
do.	7.	do.	do.	34,7

IV. Versuch

an einem kräftigen Manne mit Paralyse des N. radialis bei unbedeckter Haut.

Wärme der Haut am Vorderarme				32,05° C.
Contraction von 5 Minuten				
während der Contraction	am Ende der	3.	Minute	32,7
do.	do.	4.	do.	33,4
do.	do.	5.	do.	33,8
Nach dem Oeffnen der Kette	am Ende der	1.	Minute	34,4
do.	do.	2.	do.	34,7
do.	do.	3.	do.	34,9
do.	do.	4.	do.	34,95
do.	do.	5.	do.	35,1
do.	do.	6.	do.	35,1
In der 7. Minute beginnt Contraction von 2 Minuten				
	beim Schluss der Kette			35
	beim Oeffnen derselben			35
Nach dem Oeffnen der Kette	am Ende	1.	Minute	35,6
do.	do.	2.	do.	35,9
do.	do.	3.	do.	35,9
In der 4. Minute beginnt Contraction von 3 Minuten				
während der Contraction	am Ende der	1.	Minute	35,85
do.	do.	2.	do.	36
do.	do.	3.	do.	36,1

Am Ende der	1. Minute	nach geöffneter Kette		36,4
do.	1. Minute 30 Sec.		do.	36,45
do.	2.	do.	do.	36,4
do.	3.	do.	do.	36,3
do.	4.	do.	do.	36,2

V. Versuch

an demselben Manne mit traumatischer Lähmung des N. radialis, bei unbedeckter Haut.

Wärme der Haut des Vorderarms 31,4° C.

Contraction von 30 Secunden beim Oeffnen der Kette 31,1

Am Ende der	1.	Minute nach geöffneter Kette		31,6
do.	2.	do.	do.	32,4
do.	3.	do.	do.	32,7
do.	3.	do. 30 Sec.	do.	32,9
do.	4.	do.	do.	33,2

Sofort Contraction von 30 Secunden beim Oeffnen der Kette 33

Am Ende der	1.	Minute nach geöffneter Kette		33,4
do.	2.	do.	do.	33,45
do.	3.	do.	do.	34
do.	4.	do.	do.	34,4
do.	4.	M. 30 S.	do.	34,5

Sofort Contraction von 30 Secunden beim Oeffnen der Kette 34,2

Am Ende der	1.	Minute nach geöffneter Kette		34,55
do.	2.	do.	do.	34,7
do.	3.	do.	do.	34,85
do.	4.	M. 30 S.	do.	34,9

Sofort Contraction von 30 Secunden beim Oeffnen der Kette 34,3

Am Ende der	1.	Minute nach geöffneter Kette		35
do.	2.	do.	do.	35,1
do.	3.	do.	do.	35,2

Sofort Contraction von 30 Secunden beim Oeffnen der Kette 34,9

Am Ende der	1.	Minute nach geöffneter Kette		35,1
do.	2.	do.	do.	35,3
do.	2.	M. 30 S.	do.	35,25
do.	3.	Minute	do.	35,2

Allmäliger Abfall der Temperatur.

Endlich folgen zwei Messungen an dem Oberschenkel eines athletischen Mannes, der in Folge von Wirbel-Caries seit einem halben Jahre sowohl ad sensum wie ad motum vollkommen paraplegisch war.

An den Schenkeln war das Fett geschwunden, die Haut schlaff und nachgiebig; die Muskulatur zeigte einen mässigen Grad von Atrophie und erforderte zu einer energischen Contraction die Anwendung eines äusserst starken faradischen Stromes, welcher bei der totalen Anästhesie des Gliedes ohne Beschwerden ertragen wurde. Die Thermometerspindel wurde ungefähr in der Mitte des rechten Oberschenkels in der Furche zwischen M. vastus intern. und M. sartorius eingelegt; die Contraction der Streckmuskeln des Unterschenkels wurde durch Reizung des N. cruralis am Ligam. Poupartii ins Werk gesetzt, während die negative Elektrode auf dem linken Oberschenkel die Kette schloss. Die Circumferenz der Oberschenkel, welche um die Mitte derselben an einer mit Argent. nitric. gezogenen Linie vor und nach jedem Versuche gemessen wurde, betrug vor der Contraction am rechten Oberschenkel 40 Ctm., am linken 38 Ctm.

VI. Versuch.

Wärme der Haut (ohne Umhüllung) nach 30 Minuten 33,7° C.

Contraction von 23 Minuten.

Während der	Contraction	am Ende der	2.	Minute	33,3
do.	do.	do.	5.	do.	34,1
do.	do.	do.	8.	do.	34,5
do.	do.	do.	10.	do.	34,9
do.	do.	do.	12.	do.	35,3
do.	do.	do.	13.	do.	35,7
do.	do.	do.	15.	do.	35,9
do.	do.	do.	20.	do.	36,2
do.	do.	do.	23.	do.	36,3

Oeffnen der Kette.

Nach dem Oeffnen	der Kette	am Ende der	2.	Minute	36,1
do.	do.	do.	4.	do.	36,1
do.	do.	do.	6.	do.	35,9
do.	do.	do.	10.	do.	35,6

Allmäliger Abfall der Temperatur.

Circumferenz des rechten Oberschenkels 15 Minuten später gemessen betrug 41 Ctm.

VII. Versuch.

Patient klagt über Schmerzen in der Wirbelsäule. Puls 108, Respiration 25, Temperatur in der Achsel 38,5, zwischen Scrotum und Oberschenkel 38,1, am linken Oberschenkel 34,2.

Wärme der Haut am rechten Oberschenkel nach 25 Minuten	34,3° C.
Contraction von 30 Minuten	
Während der Contraction am Ende der 5 Minute.	34,7
do. do. do. 10. do.	35,8
Oeffnen der Kette	
Nach dem Oeffnen der Kette am Ende der 1. Minute	35,95
do. do. do. 2. do.	36
do. do. do. 3. do.	36,1
do. do. do. 4. do.	36,25
do. do. do. 5. do.	36,2
Contraction von 5 Minuten	
Während der Contraction am Ende der 2. Minute	35,7
do. do. do. 5. do.	36,5
Oeffnen der Kette	
Nach dem Oeffnen der Kette am Ende der 5. Minute	36,7
Contraction von 5 Minuten	
beim Oeffnen der Kette	37,2
Nach dem Oeffnen der Kette am Ende der 1. Minute	37,3
do. do. do. 2. do.	37,35
do. do. do. 3. do.	37,4
Temperatur fällt allmälig ab.	

Die Circumferenz betrug 10 Minuten später am rechten Oberschenkel 42 Ctm., am linken 38 Ctm. Die Farbe der Haut über den Streckmuskeln des rechten Oberschenkels unterschied sich durchaus in Nichts von der Farbe der Haut über den Adductoren, während die Stelle am Poupart'schen Bande, wo die positive Elektrode stand, eine lebhafte Röthung von der Grösse eines Thalers zeigte. Dieses Erythem trieb das Quecksilber schnell auf 36,8 bis 37° C.; sobald man aber mit der Spindel über die Grenze desselben hinausglitt, so sank das Quecksilber sofort um 1,5 — 2° C., stieg aber sofort und rapid auf die frühere Höhe, sobald man zum Erythem zurückkehrte. — Die Wärme der Haut über den Adductoren des rechten Oberschenkels ergab 20 Minuten nach der Contraction der Strecker gemessen 34,8° C. Rückte man nun mit der Spindel auf den M. sartorius hinauf, so stieg das Quecksilber sofort auf 36° C., sank aber sogleich wieder, wenn die Spindel über die Grenze

des Sartorius hinaus auf die Adductoren zurückkehrte. Die grosse Empfindlichkeit des Thermometers machte es möglich, den Unterschied in der Wärme der Haut über den Adductoren, den Extensoren und dem N. cruralis am Lig. Poupartii noch nach Verlauf einer Stunde wahrzunehmen. — Die Frequenz der Athemzüge und Pulsschläge, welche vor jedem Versuch constatirt war, bestand in allen Fällen während der Contraction unverändert fort.

Die Resultate der vorliegenden Versuche, welche mit dem Ergebnisse der oben erwähnten Experimente von Becquerel und Breschet, von Helmholtz und Matteucci durchaus übereinstimmen, würden sich in Kurzem dahin zusammenfassen lassen:

Die durch faradische Reizung motorischer Nerven erzeugte Muskelcontraction erhöht die Temperatur in den betreffenden Muskeln und mittelbar in der dieselben bedeckenden Haut, ohne die Farbe der letzteren oder den normalen Füllungsgrad ihrer Gefässe zu verändern. Diese Temperatursteigerung ist um so bedeutender, je energischer die Contraction ist und je länger sie andauert; sie erregt den Versuchspersonen das Gefühl intensiver Wärme in den verkürzten Muskeln und ist von einer Volumszunahme der letzteren begleitet, welche bei Verkürzung der Extensoren den Umfang des Vorderarms um $1/2$ — 1 Ctm., den Umfang des Oberschenkels um 1 — 2 Ctm. vergrössert.

Mittelst des Thermometers lässt sich zwischen der hohen Temperatur über den verkürzt gewesenen Muskeln und der fast normalen Temperatur über den benachbarten, nicht verkürzten Muskeln eine scharfe Grenze ziehen. Auch giebt sich dieser Unterschied in der Wärme schon dem Gefühle bei aufgelegter Hand auf das Deutlichste zu erkennen.

In der ersten Minute der Muskelverkürzung fällt das Quecksilber fast constant um 0,1 — 0,5° C., steigt aber bei fortdauernder Contraction schon in der dritten Minute wieder, um dann gleichmässig fortzuschreiten. Die bedeutendste Steigerung der Tempera-

tur betrug 4,4° C. in Vers. IV. In demselben Versuche wurde durch die erste Reizung von 5 Minuten Dauer die Wärme von 32,05° auf 35,1° C. also um 3,05° C. gehoben.

Nach Contractionen von mässiger Dauer steigt das Quecksilber in der ersten Minute am schnellsten, erreicht aber seine Acme bei der ersten Reizung jedesmal in der vierten bis sechsten Minute, bei den späteren, schnell auf einander folgenden Reizungen, zwischen denen die Temperatur sich ihrem normalen Stande nicht annähert, in kürzerer Zeit, selbst in der ersten Minute, wenn die Temperatur schon hoch steht. Ist die Haut und die Quecksilberspindel mit einem schlechten Wärmeleiter umhüllt, so steigt die Temperatur rascher und zu einem höheren Grade, als bei unbedeckter Haut.

Der Abfall der Temperatur geht langsam aber ebenso gleichmässig vor sich, als das Aufsteigen, selbstverständlich bei unbedeckter Haut schneller als bei bedeckter.

Was das subjective Gefühl bei derartigen langdauernden Verkürzungen anbelangt, so verschwindet der Hautschmerz nach vier bis fünf Secunden, wenn die wohlangefeuchtete Elektrode kräftig aufgesetzt und unverrückt gehalten wird. Das dumpfe Krampfgefühl im Muskel bleibt allein zurück. Dieses wird häufig nach der zweiten Minute von einem mässigen, ruckweise oder stossweise durchschiessenden Schmerze unterbrochen. Am beschwerlichsten fällt den Versuchspersonen die langdauernde unverrückte Haltung des Arms. Es ist deshalb, wenn anders der Kranke nicht durch Bewegungen den ganzen Versuch stören soll, nothwendig, nicht allein den Vorderarm, sondern auch den Oberarm und den ganzen Oberkörper gleichmässig zu unterstützen.

Die vorstehenden, im Jahre 1856 angestellten Versuche sind nach der von mir angegebenen Methode von J. Althaus[1]) 1868 wiederholt und die Resultate bestätigt worden. Althaus konnte bei diesen Versuchen noch einen weiteren, durch pathologische

1) A Treatise on medical electricity. II. Edit. London 1870 p. 236.

Verhältnisse ermöglichten Beweis dafür liefern, dass die Einwirkung des inducirten Stromes auf die Haut an sich die Temperatur nicht steigere, sondern dass die Quelle der gesteigerten Wärme lediglich der contrahirte Muskel sei, die Haut dagegen nur secundär durch die nach aussen sich abgleichende Muskelwärme höher temperirt werde. Althaus experimentirte nämlich an einem Manne, welcher in Folge von Bleivergiftung am rechten Vorderarm vollständige Lähmung der Hand- und Fingerstrecker und Verlust der faradischen Contraktilität erlitten hatte, während am linken Vorderarm die farado-muskuläre Contraktilität normal geblieben war.

Kräftige Faradisirung der linksseitigen Strecker erzeugte eine energische Verkürzung derselben und trieb im Verlauf von 5 Minuten die Temperatur der Haut von 89⁰ F. auf 91,5⁰ F.

Dagegen blieb an den gelähmten und nicht mit Zuckung reagirenden Streckern am rechten Vorderarm trotz 5 Minuten lang währender kräftiger Faradisirung die Temperatur der Haut über den Muskeln unverändert, ja sie sank sogar von 87,5⁰ F. auf 86⁰ F. (was wohl auf Rechnung der Abkühlung der unbedeckten Armhaut zu setzen sein dürfte).

Althaus hat bei diesen Versuchen, wie es scheint, die Streckmuskeln direkt faradisirt, indessen ist wohl anzunehmen, dass er die Temperaturbestimmung in einiger Entfernung von den Contaktstellen der Elektroden vorgenommen hat, da sich an den letzteren bald eine beträchtliche Hyperämie, wie oben (p. 46) ausgeführt wurde, entwickelt, welche diesen Hautstellen eine erheblich höhere Temperatur verleiht, als der nicht hyperämisirten Umgebung.

Zahlreiche Messungen, welche ich in dieser Richtung auf thermometrischem und thermoelektrischem Wege anstellte, ergaben, wie ich bei dieser Gelegenheit bemerken will, eine Differenz der Temperatur der hyperämischen und nicht hyperämischen Haut von 2—3⁰ C. und 20—30⁰ der Fernrohr-Scala bei der thermoelektrischen Messung. Selbstverständlich müssen zu diesen Bestimmungen solche Hautstellen gewählt werden, welche keine Muskelunterlage haben, z. B. die Haut auf dem Sternum des Menschen oder die Haut des Kaninchenohr's. An Letzterem lässt sich die Differenz sehr hübsch durch die Vergleichung der Temperaturen des elektrisirten und des nicht elektrisirten Ohrs constatiren. Die Umbiegung des unteren Theiles des äusseren Ran-

des der Concha nach Innen bildet eine Art Canal, in den die eine (griffelförmige) Elektrode und nach der Einwirkung des Stromes die feine Geisler'sche Thermometerspindel gerade hineinpasst. Ein schwacher Fingerdruck genügt zum vollständige Verschluss dieses halboffenen Canals und zu Fixirung des Thermometers.

Nach längerer Galvanisirung ist die Haut der Ohrmuschel aussen und innen geröthet, heisser anzufühlen und etwas geschwellt wie nach der Durchschneidung des Halssympathicus. Einer meiner letzten Versuche ergab nach längerer Electrisation (ca. 12—15 Minuten) eine Differenz von 2,2° C., nämlich 36,8° C. am elektrisirten, 34,6° C. am intacten Ohr.

Die Bestimmungen der Temperaturdifferenz an der Haut des Sternums des Menschen wurde mittelst der Illner'schen Thermosäulen nach der auf der folgenden Seite beschriebenen Methode angestellt.

In den letzten Jahren habe ich die obigen durch thermometrische Messungen gewonnenen Resultate durch vergleichende thermoelektrische Messungen wiederholt auf ihre Richtigkeit geprüft.

Ich bediente mich zu dem Zwecke der von Heidenhain[1]) empfohlenen und von Mechanikus Illner in Breslau angefertigten 16paarigen Thermosäulen von Wismuth und Antimon. Dieselben sind in so hohem Grade empfindlich, dass ich, um dieselben für diese immerhin beträchtlichen Temperaturdifferenzen benutzen zu können, die Empfindlichkeit der Spiegelboussole durch mehrzöllige Entfernung der Drahtwindungen von der den Magnetspiegel einschliessenden Kupferhülse abdämpfen musste.

Die Versuchsanordnung war folgende: Die eine Löthstellenfläche der Säule wurde am Vorderarm der Versuchsperson auf die Muskelgruppe der Strecker oder am Unterschenkel auf den Tibialis anticus von einem Assistenten mit sanftem Drucke auf-

---

1) Mechanische Leistung, Wärmeentwicklung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit. Ein Beitrag zur Theorie der Muskelkräfte. Leipzig 1864.

gesetzt und dadurch mit der Hautoberfläche in gleichmässiger Berührung erhalten, dass er die Volarfläche der vordersten Phalanx des Zeigefingers auf die entgegengesetzte Löthstellenfläche aufdrückte, während Daumen und Mittelfinger die an der Metallumfassung angebrachten Ringe hielten. Durch die dauernde Berührung der zweiten Löthstellenfläche mit der Volarfläche der vorderen Zeigefingerphalanx wurden die Löthstellen hier auf einer nahezu constanten Temperatur erhalten, welche von der Temperatur der entgegengesetzten, auf dem Muskel stehenden Löthstellenfläche nur wenig abwich. Die Schwankungen der Temperatur in der deckenden Fingerspitze sind an sich unerheblich und können besonders gegenüber der Grösse der Temperatursteigerung, welche die Muskelcontraction an der anderen Löthstellenfläche zu Wege bringt, als eine Fehlerquelle von geringer Bedeutung bezeichnet werden, umsomehr als es sich hier nur um die Bestimmung relativer, nicht absoluter Temperaturdifferenzen handelt.

Die Pole der Thermosäule waren mit der Wiedemann'schen Spiegelboussole durch Telegraphendrähte (Kupfer in Guttaperchahülle) verbunden. Die Ablesung der Ablenkungen des Magnetspiegels geschah durch ein in stets gleicher Entfernung (1,5 Meter) von dem Spiegel aufgestelltes Steinheil'sches Fernrohr. Die Contraction der Muskeln, deren Temperatur bestimmt werden sollte, wurde durch faradische Reizung des N. radialis am Oberarm, oder des N. peroneus am Capitulum fibulae erzielt, wobei die 2. Elektrode auf dem Sternum stand, sodass die peripherisch von der Hauptstrombahn liegenden Muskeln und die Thermosäule nicht vom Stromschleifen erreicht wurden.

Bei stehender Elektrode aber offener Kette wurde nun die Temperatur beider Löthstellenflächen durch langandauernde Fixirung der Säule in der oben angegebenen Stellung in Gleichgewicht gesetzt. War der Magnetspiegel vollständig in Ruhe gekommen, so wurde die Kette ausserhalb der Versuchsperson im metallischen Theil des Inductionsapparates geschlossen und nun die Ablenkung des Magnetspiegels verfolgt und von 15 zu 15 Secunden notirt.

In den ersten 15 Secunden nach Beginn der Contraction zeigte sich ganz in Uebereinstimmung mit den thermometrischen Beobachtungen ein leichtes Zurückgehen der Temperatur, wohl zweifellos bedingt durch die geringe Verschiebung der Säule, welche die Emporwölbung des in Contraction gerathenden Mus-

kels mit sich bringt. In der 2. Hälfte der 1. Minute jedoch wird dieses geringe Sinken der Temperatur nicht nur ausgeglichen, sondern durch einen Ausschlag in entgegengesetzter Richtung abgelöst. Diese positive Ablenkung steigt mit der Fortdauer der Contraction ziemlich gleichmässig zu bedeutender Höhe.

Ein Beispiel möge hier genügen:

Dauer der Contraction (Extensoren am Vorderarm)	Ablenkung
0′ 15″	— 1,5
0′ 30″	+ 2,3
0′ 45″	+ 5,0
1′	+ 7,2
1′ 15″	+ 9,5
1′ 30″	+ 15,0
1′ 45″	+ 17,5
2′	+ 19,0
2′ 15″	+ 20,3
2′ 30″	+ 24,0
2′ 45″	+ 27,5
3′	+ 30,1
3′ 15″	+ 32,1
3′ 30″	+ 37,3
3′ 45″	+ 39,0
4′	+ 40,2.

Am Schluss der 4. Minute Oeffnen der Kette. Unmittelbar darauf beginnt die Ablenkung zurückzugehen. Das Rückschreiten geschieht bei unbedecktem Vorderarm schneller als das Ansteigen.

Bei der enormen Empfindlichkeit der Thermosäule und des Spiegelgalvanometers, der gegenüber das Quecksilber des Thermometers als eine höchst träge reagirende Masse erscheint, kann es nicht auffallen, dass das Ansteigen der Temperatur und das Absinken derselben sich viel prompter manifestirt, als bei der thermometrischen Messung. Die Thermosäule giebt die Veränderungen der erzeugten Wärmequantität fast momentan an, und deshalb beginnt hier die positive Ablenkung schon 15 Secunden nach Schluss der Kette und unmittelbar nachdem die durch die Locomotion der Säule an der Oberfläche des sich verkürzenden Muskels bedingte negative Schwankung ausgeglichen ist.

Ebenso beginnt das Zurückgehen des Spiegels fast momentan mit dem Oeffnen der Kette. Das Steigen dauert nach dem Aufhören der Contraction höchstens noch 2—3 Secunden an, um dann in Sinken umzuschlagen.

Die Empfindlichkeit der Illner'schen Säulen gestattet es auch, die geringen Temperaturerhöhungen bei Contractionen einzelner Muskeln von sehr kurzer Dauer — mag die Verkürzung nun willkührlich oder auf faradischem Wege herbeigeführt sein — zu constatiren, und es lassen sich auf diese Weise manche Versuchsreihen, welche Heidenhain am belasteten und unbelasteten Froschmuskel anstellte, am Menschen mit ähnlichem Erfolge wiederholen.

Ich habe endlich auch das Verhalten der Wärmeproduktion in contrahirten **glatten** Muskeln geprüft.

Es eignet sich zu solchen Versuchen am besten der Hundedarm, weil derselbe eine verhältnissmässig dicke Muskulatur besitzt. Nach genügender Chloroformirung des Thieres wurde der Bauch geöffnet und in den Dünndarm durch eine kleine Schnittöffnung ein feines Geissler'sches Thermometer weit hinauf eingeschoben, die unpolarisirbaren Elektroden an der Aussenwand des Darms entsprechend der Stellung des Quecksilberreservoirs applicirt, und nun der faradische Strom in verschiedenen Intensitätsgraden eingeleitet. Die auf kräftige Ströme eintretende feste Contraction des Darmstückes setzt Erblassen desselben und Sinken des Quecksilbers um 0,6—0,8. Nach dem Oeffnen der Kette röthet sich das betr. Darmstück etwas mehr als die anstossenden Partien, und die Temperatur des Quecksilbers steigt um 1,0—1,5, also etwa 0,5 über die Wärme der anstossenden Darmpartien, was man leicht durch Vorschieben und Zurückziehen der Thermometerspindel constatiren kann.

Dasselbe Resultat ergab sich, wie nach den Versuchen von Helmholtz und Heidenhain zu erwarten war, auch wenn die Blutzufuhr zu der betreffenden Darmschlinge durch Umschnürung des Mesenteriums, sowie durch Abschnürung der nach oben und unten anstossenden Darmpartien ganz aufgehoben wurde: die Temperatur sank auch hier während der Contraction, stieg aber bei schwächeren Strömen noch während der Dauer der Contrac-

tion und stärker nach dem Oeffnen der Kette und der Wiederausdehnung des Darmrohres [1]).

Wir ersehen aus diesen Versuchen, dass auch in glatten Muskeln durch längere faradische Contraction die Temperatur erhöht wird und dass diese Steigerung der Wärmeproduction von dem jeweiligen Blutgehalte unabhängig ist.

Nachdem die Thatsache, dass sich durch die Muskelcontraction Wärme entwickle, von Becquerel und Breschet sowie von mir am lebenden Menschen, von Helmholtz am ausgeschnittenen Froschmuskel festgestellt war, hat man sich in der neuesten Zeit vielfach dem Studium der physiologischen Ursachen und der functionellen Bedeutung dieser interessanten Erscheinung hingegeben. Béclard [2]), verglich die Temperatursteigerung in Muskeln, welche mit ihrer Contraction eine mechanische Arbeit verrichteten, mit der Wärmesteigerung in Muskeln, die bei ihrer Zusammenziehung keine Arbeit leisteten, sondern entweder nur das Gewicht des anhängenden Körpertheils und den Widerstand der Antagonisten zu überwinden hatten, oder durch Fixirung ihrer Enden an der Verkürzung

---

1) Versuchsbeispiele. I. Temperatur eines frisch aus der Bauchhöhle des chloroformirten Hundes herausgezogenen Dünndarmstückes im Innern . . . . 34,9° C.
Sofort Reizung durch kräftigen Inductionsstrom. Darmwand fest contrahirt und erblasst. Temperatur sinkt in 2 Minuten auf 30,0
Oeffnen der Kette. Allmäliges Steigen der Temp. auf . . . 33,5
II. Neue Darmschlinge herausgezogen. Temperatur des Innern 35,0
Kräftige Reizung durch constanten Strom (28 Ell.) mit unpolarisirbaren Elektroden. Energische Erhärtung und Erblassung
Temp. sinkt nach 2 Min. dauernder Galvanisirung auf . . 32,0
Temp. ist nach 3 » » » » » 32,5
Oeffnen der Kette. Die Temperatur steigt ziemlich rasch auf 34,9
während sie ohne Galvanisirung durch die Abkühlung stetig sinkt, was an den Nachbarschlingen zu constatiren ist.

2) Archives générales de médecine 1861. XVII. pag. 21.

also auch an der Arbeitsleistung verhindert wurden, und wies zunächst nach, dass die Wärme in den mechanisch arbeitenden Muskeln sich nicht so bedeutend steigere, als in den nicht arbeitenden, welche um 0,10 — 0,26° C. wärmer gefunden wurden als die ersteren. Béclard schliesst daraus, dass Arbeit und Wärme, als gemeinsame Effecte der Muskelaction sich complementär zu einander verhielten.

An Béclard's Arbeit schliessen sich zunächst die Untersuchungen von Solger [1]), Meyerstein und Thiry [2]), und Heidenhain [3]) an.

Durch die reichhaltige und gründliche Arbeit Heidenhain's ist die Frage von der Wärmebildung im Muskel zu einem gewissen Abschluss gekommen. Heidenhain experimentirte am ausgeschnittenen Froschmuskel, dessen Wärme durch eine anliegende Thermosäule bestimmt, und dessen Arbeitsleistung berechnet wurde nach der Schwere der angehängten Gewichte und nach der Höhe, zu welcher diese durch die Contraction gehoben wurden. Das im Beginn des Tetanus von Solger sowie von Thiry und Meyerstein am Froschmuskel durch thermoelektrische Bestimmungen, von mir fast constant auch am Menschen vermittelst des Quecksilberthermometers constatirte Sinken der Temperatur, die negative Wärmeschwankung, welche Valentin an den Muskeln von Murmelthieren experimentirend nicht bestätigen konnte, führt Heidenhain auf eine mechanische Fehlerquelle zurück, nämlich auf die Verschiebung des wärmemessenden Instrumentes in oder auf dem Muskel, welche mit dem Beginn der Verkürzung gewöhnlich eintritt und das betreffende Instrument mit kühleren Punkten in Berührung bringt, als die sind, deren Temperatur es nach vorgängiger ruhiger Lage angenommen hatte. Heidenhain war durch eine zweckmässige Vorrichtung, welche eine solche Verschiebung verhinderte, im Stande, die negative Wärmeschwankung stets zu vermeiden.

---

1) Studien des physiol. Instituts zu Breslau II. p. 125. 1862.

2) Zeitschrift für rationelle Medicin XX. p. 45.

3) Mechanische Leistung, Wärmeentwicklung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit. Ein Beitrag zur Theorie der Muskelkräfte. Leipzig 1864.

Die Temperatur steigt nach Heidenhain sofort beim Beginne des Tetanus, anfangs schnell, später langsamer. Der Muskel entwickelt bei jeder einzelnen Zuckung Wärme. Mit fortschreitender Ermüdung des Muskels sinkt die Wärmeentwicklung schneller, als die Arbeitsleistung. Wenn der Muskel, durch Inductionsschläge von stets gleicher Stärke vom Nerven aus zu Zuckungen veranlasst, mit steigenden Gewichten belastet wird, so steigt bis zu einer gewissen Grenze der Belastung sowohl die von dem Muskel geleistete Arbeit, als auch die durch den Muskel entwickelte Wärme, und zwar letztere langsamer als erstere. Jenseits einer gewissen Grenze der Belastung sinkt die Wärmeentwicklung und bei noch höheren Gewichtswerthen auch die Arbeitsleistung.

Wenn man einen belasteten Muskel vom Nerven aus tetanisirt und in einem ersten Falle sich frei contrahiren lässt, während in einem zweiten Falle die Verkürzung verhindert wird, so entwickelt der Muskel im zweiten Falle beträchtlich mehr Wärme als im ersten, wo ein Theil der Wärme in mechanische Arbeit umgesetzt wird.

Wenn der Muskel vor der Thätigkeit mit einem und demselben Gewichte gespannt wird, in Thätigkeit versetzt aber steigende Gewichte hebt, so nimmt mit der Grösse dieser (Ueberlastungs-) Gewichte die Wärmeentwicklung und innerhalb gewisser Grenzen auch die mechanische Leistung zu. — Wenn der Muskel umgekehrt vor der Thätigkeit durch wachsende Gewichte gespannt, bei derselben aber immer mit demselben Gewichte belastet wird, so steigt der mechanische wie der thermische Effect mit der Spannung des ruhenden Muskels.

Der Stoffumsatz im thätigen Muskel, repräsentirt durch die Säureentwicklung, steigt und fällt mit der Summe von lebendigen Kräften, welche bei der Thätigkeit zur Erscheinung gelangen.

Diese Resultate der Heidenhain'schen Untersuchungen lassen uns einen Einblick in die Wärmeökonomie des Muskelsystems und ihre ersten Ursachen thun. Der Reiz, den der motorische Nerv auf den Muskel überträgt, ruft in demselben Contraction und damit Oxydationsvorgänge hervor, welche durch den Nachweis des vermehrten Verbrauches von Sauerstoff und der

gesteigerten Ausscheidung von Kohlensäure [1]), durch den Nachweis der Zunahme des Kreatin- und Kreatiningehaltes [2]), des Verbrauches von Muskeleiweiss [3]), der Entwicklung einer freien Säure [4]) in der Muskelsubstanz bei angestrengter Thätigkeit derselben hinreichend festgestellt sind. Diesen Oxydationsvorgängen verdankt die Wärmesteigerung zum grössten Theil, wenn nicht allein, ihre Entstehung, und die Wärme wird ihrerseits direct in mechanische Arbeit umgesetzt. Die Beschleunigung der Circulation, welche nach den Versuchen von Ludwig und Sczelkow [5]) im thätigen Muskel constant stattfindet, scheint für die Wärmeentwicklung nur insoweit von Belang zu sein, als sie der gesteigerten Oxydation entsprechendes Brennmaterial herbeischafft. Am meisten spricht gegen die Erklärung der Wärmezunahme aus vermehrter Blutzufuhr die Wärmesteigerung in Muskeln, welche der Circulation entzogen sind, wie es die Versuche von Helmholtz und Heidenhain am ausgeschnittenen Froschmuskel und meine oben erwähnten Versuche am Darm des lebenden Hundes erwiesen haben. Sodann dürfte die Temperatursteigerung im thätigen Muskel mit derjenigen, welche man nach Durchschneidung des N. sympath. cervical. mit Bernard am Kaninchenohr erhält, nicht in Parallele zu stellen sein, da sich bei diesem Experimente eine beträchtliche Erweiterung sämmtlicher Gefässe und damit eine erhebliche Verlangsamung des Blutstroms einstellt, während im contrahirten Muskel die Strombahn enger und die mittlere Geschwindigkeit der Strömung gesteigert ist. Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass nach beendeter Muskel-Contraction eine Erweiterung der vorher verengten Gefässe und eine stärkere Füllung mit Blut, Verlangsamung der Circulation und vermehrte Ausscheidung von Plasma stattfindet, und das hierdurch

---

1) Sczelkow, die Lehre von Gasumtausch in verschiedenen Organen des Körpers. Sitzungsbericht der Wiener Akademie der Wissenschaft. Bd. 45. A. II. p. 171. 1862.

2) Liebig, Chemische Untersuchungen über das Fleisch 1847. p. 36. und Sarokow, Virchow's Archiv Bd. XXVIII. p. 544.

3) Ranke, Der Tetanus. Eine physiol. Studie. Leipzig 1865.

4) du Bois-Reymond, Monatsbericht der Berliner Akademie der Wissenschaften. 31. März 1859.

5) A. a. O. p. 200.

jene bedeutende Volumszunahme und jene Härte der Muskeln entsteht, welche auf lang dauernde, durch elektrische Reizung erzielte Contractionen folgen, und welche man im täglichen Leben nach jeder angestrengten Muskelthätigkeit beobachten kann.

Es leuchtet von selbst ein, wie wichtig dieser Einblick in die Vorgänge am arbeitenden Muskel für das Verständniss der Folgen gestörter oder aufgehobener Muskelthätigkeit ist, wie wichtig ferner für die Beurtheilung des Nutzeffectes solcher Eingriffe, wie sie die heutige Therapie zur Herstellung der normalen Ernährung und Function des Muskels empfiehlt. Gerade in unseren Tagen, wo für die Pathologie und Therapie der Muskelerkrankungen so viel geleistet wird, musste die Förderung der Muskelphysiologie doppelt erwünscht sein.

Die Feststellung der Thatsache, dass ein langdauernd und energisch contrahirter Muskel eine rasche Wärmesteigerung von mehreren Graden erfährt, ist neuerdings auch für die Pathologie des Tetanus fruchtbringend gewesen. Leyden[1]) hat experimentell festzustellen gesucht, dass die enorm hohe Körperwärme, welche bei Tetanuskranken während des Lebens und selbst noch einige Zeit nach dem Tode zunehmend, neuerdings von Wunderlich[2]), Traube, Ebmeier[3]), Billroth[4]) u. A. constatirt wurde, wenn nicht ganz, so doch zum grössten Theil von der in den starren Muskeln entwickelten überschüssigen und daher im ganzen Körper sich abgleichenden Wärme abzuleiten sind. Leyden erzielte bei Hunden durch Faradisirung des Rückenmarkes einen Tetanus, durch den die Blutwärme in einem Falle um 5,2° C. in die Höhe getrieben wurde, wie das in dem After befindliche Thermometer zeigte. Ganz wie bei meinen Versuchen sank das Quecksilber beim Beginn des Tetanus um ein Weniges, und stieg auch nach dem Aufhören desselben noch etwas. Bill-

---

1) Beiträge zur Pathologie des Tetanus. Virchow's Archiv Bd XXVI. 1863. p. 538.

2) Archiv der Heilkunde II. p. 547 u. III. p. 175.

3) Bei Leyden a. a. O.

4) Beobachtungsstudien über Wundfieber. Archiv für Chirurgie Bd. II.

roth und Fick[1]) wiederholten einerseits den Versuch Leydens mit noch eclatanterem Erfolge, indem sie die Mastdarmtemperatur des Hundes durch 5 Tetanusanfälle von 39,9° auf 45° C., also um 5,1° C. hinauftrieben; alsdann aber controllirten sie mit der Mastdarmtemperatur gleichzeitig auch die Temperatur der Muskeln, indem sie die Thermometerkugel zwischen die Muskeln an der Hinterseite der Oberschenkel einschoben. Hier zeigte sich nun, dass die Temperatur der betreffenden Muskelgruppe im Tetanus rascher steigt, in der Ruhe rascher sinkt, als die Temperatur im Mastdarm; dass sie die letztere, die doch normal um 0,3° C. höher steht, allemal im Anfalle schnell überholt und beträchtlich höhere Werthe erlangt, als diese. Hiernach erscheint es Billroth und Fick nicht mehr zweifelhaft, dass, wofern überall die Temperatursteigerung beim Tetanus vermehrter Wärmebildung verdankt wird, der Sitz dieser letzteren vorzugsweise das Muskelgewebe ist. Die Muskeln wären hiernach am Ende des Anfalls heisser als die übrigen Gewebe des Körpers; nach dem Aufhören der überschüssigen Wärmebildung in den Muskeln würden die Temperaturen sich auszugleichen streben, und die Temperatur des Mastdarms und der übrigen weniger warmen Organe würde steigen durch den Zuwachs der Wärme, welche von den wärmeren Muskeln her zugeleitet wird.

Sowohl die aufgeführten Experimente als die ärztliche Erfahrung setzen es ausser Zweifel, dass für die Ernährung und den Fortbestand des Muskels als contractilen Organes die Ausübung seiner Function — die Contraction — Bedingung ist. Die Contraction ist die Erregerin des Stoffwechsels im Muskel und die Erzeugerin von Wärme und Arbeitsleistung. Häufig wiederholte, kräftige Verkürzungen steigern den Stoffumsatz und dadurch — die nöthige vermehrte Zufuhr von oxydirbarer Substanz vorausgesetzt — Umfang und Leistungsfähigkeit des Muskels, während in einem unthätigen Muskel mit der Beschränkung des Stoffwechsels auch beide Effecte sinken. Ein Muskel endlich, der an der Contraction gänzlich verhindert ist, sei es nun durch Innervationsstörungen Seitens der centralen oder peripherischen

[1]) Versuche über die Temperatur bei Tetanus. Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich VIII. 1863. p. 427 ff.

Nervenapparate, oder durch mechanische Hindernisse, als Ankylosen u. dergl., oder endlich durch Erkrankung seiner Substanz selbst, magert allmälig ab und geht schliesslich durch einfache Atrophie oder fettige Degeneration zu Grunde. Dieser Ausgang tritt bei der beträchtlichen Widerstandsfähigkeit des Muskelgewebes freilich meist erst nach mehreren Jahren ein. In allen diesen Fällen ist, wenn es sich um die Erhaltung des Muskels handelt, die Wiederherstellung der Contraction die erste Bedingung für die Aufbesserung der Ernährung und der Leistungsfähigkeit. Von der Möglichkeit, diese Forderung zu erfüllen, die verschiedenartigen, der willkürlichen oder künstlichen Contraction sich entgegenstellenden Hindernisse zu überwinden, hängt es ab, ob und wie weit ein Heilerfolg erzielt werden kann.

Es erhebt sich hier die praktisch wichtige Frage, ob durch die Galvanisirung eines gesunden oder gelähmten Muskels resp. einer Muskelgruppe die Temperatur in derselben gesteigert wird, wenn hierbei eine Contraction ausgeschlossen ist.

Bekanntlich wird, wie später genauer erörtert werden wird, neuerdings von verschiedenen Seiten bei Muskelatrophien und Lähmungen die Anwendung eines schwachen constanten Stromes, der eine Contraction des Muskels nicht mit sich bringt, der Application des Inductionsstromes vorgezogen und eine günstige Einwirkung des galvanischen Stromes auf die Ernährung des Muskels statuirt, welche von der Verkürzung des Muskels ganz unabhängig sein soll. Es erschien mir nun unwahrscheinlich, dass eine Besserung der Ernährung, also eine Steigerung des Stoffumsatzes in dem Muskel stattfinden könne, ohne dass gleichzeitig Temperaturerhöhung zu bemerken wäre, und es galt deshalb zunächst festzustellen, ob ein gesunder Muskel, welcher längere Zeit von einem galvanischen Strome durchflossen werde, eine Veränderung seiner Temperatur wahrnehmen lasse. Bei diesem Versuche mussten natürlich zuckungerregende Schwankungen der Stromdichte und hohe Stromstärken, welche galvanotonische Verkürzungen hervorrufen konnten, ausgeschlossen werden. Dies geschah durch vorsichtiges Einschleichen des Stromes. Die Versuchsanordnung war folgende. Die unpolarisirbaren Elektroden des gal-

vanischen Stromes wurden der Art auf die Muskelbäuche (Musc. rect. femoris des Menschen, die Strecker und Beuger am Oberschenkel des Hundes applicirt, dass der Strom der Quere nach durch die Muskelmasse ging. Zwischen beiden Polen wurde die Thermometerspindel entweder auf den Muskelbauch (beim Menschen) applicirt oder in die Muskelsubstanz (beim Hunde) eingesenkt [1]).

Bei der vergleichenden thermoelektrischen Prüfung wurde die Säule ebenfalls auf den Muskelbauch aufgesetzt, aber der Schluss der thermoelektrischen Kette und die Ablesung nur während der Unterbrechung des Batteriestromes vorgenommen, um eine Einwirkung von Stromschleifen auf die Thermokette resp. den Multiplicator auszuschliessen.

Endlich würde der constante galvanische Strom auch auf die Seitenwände des Hundedarmes applicirt, nachdem in denselben die Thermometerspindel eingesenkt war.

Das Resultat war in allen Fällen ein negatives. Bei keiner der vorstehenden Versuchsanordnungen liess sich eine Steigerung der Temperatur der betr. Muskelmasse nachweisen, mochte nun ein schwacher oder ein starker Strom kurze oder lange Zeit durch den Muskel gehen.

---

1) Als Versuchsbeispiel mag Nachstehendes dienen.

Das Thermometer in die freipräparirte Muskelmasse am Oberschenkel eines mittelgrossen chloroformirten Hundes (ohne Blutung oder Zerreissung von Muskelbündeln) eingesenkt.

Ein starker galvanischer Strom (30 Ell.) durch unpolarisirbare Elektroden von beiden Seiten direkt auf die Muskelsubstanz mittelst Einschleichens, sodass keine Zuckung entsteht, eingeleitet.

Temperatur des Muskels vor der Galvanisirung	33,3° C.
Sinkt während 4 Minuten dauernder Galvanisirung (wohl in Folge der Abkühlung der freiliegenden Muskelmasse) auf .	31,7
Kräftige Verkürzung durch Inductionsstrom 2 Minuten .	32,0
Pause von 2 Minuten, danach	32,5
Neue Contraction durch denselben Inductionsstrom von 2 Minuten Dauer. Danach	32,8
Oeffnen der Kette. Nach — 30″	33,05
» 1′	33,2
» 1′ 30″	33,5
» 2′	33,9
» 2′ 30″	34,2

Diese Thatsachen gestatten zunächst nur den Schluss, dass die Temperatur des gesunden Muskels durch längere Durchleitung eines constanten, nicht Zuckung erregenden galvanischen Stromes nicht verändert wird.

Wir kommen auf diesen Gegenstand im pathologisch-therapeutischen Theile noch einmal zurück.

Steigerung der Erregbarkeit. Die Reizung des motorischen Nerven sowie des Muskels durch constante sowohl als durch inducirte Ströme hat, wie schon oben angeführt wurde, eine Steigerung seiner Erregbarkeit oder Anspruchsfähigkeit zur Folge, und zwar ist dieselbe nach der Durchleitung galvanischer Ströme (gleichviel ob der negative oder positive Pol einwirkt) grösser als nach der Durchleitung des Inductionsstroms. Ich bemerkte schon oben (pag. 62), dass Remak die erregbarkeitssteigernde Wirkung des Stromes am Nerven des Lebenden bereits erkannt habe, dass er aber auf die Möglichkeit hingewiesen habe, es möchte hier die Abnahme des Leitungswiderstandes in der Oberhaut von grosser Bedeutung sein.

Diese Remak'sche Beobachtung, welche sich im Einklang mit den physiologischen Thatsachen befindet, deren pag. 61 Erwähnung geschah, ist von der Mehrzahl der späteren Beobachter bestätigt worden, jedoch hat nur Brenner bei seinen Versuchen dem physikalischen Momente der Abnahme des Leitungswiderstandes genügend Rechnung getragen. Brenner[1]) macht ausdrücklich darauf aufmerksam, dass die Versuche zur Prüfung der Erregbarkeitsveränderungen erst nach gehöriger Durchfeuchtung der Haut angestellt werden dürfen. Die alltägliche Erfahrung, dass ein unmittelbar nach dem Aufsetzen der Elektroden ausgeführter Kettenschluss keine oder eine schwächere Zuckung auslöst als eine spätere Schliessung nach längerer Einwirkung des galvanischen Stromes, beruhe grösstentheils darauf, dass bei jener ersten Kettenschliessung die Haut an der Ansatzstelle noch nicht durchfeuchtet war.

---

1) Untersuchungen pp., Bd. II p. 65.

Ich muss mich dem durchaus anschliessen. Die dem elektrisirenden Arzte so sehr imponirende Besserung der Reaction nach längerer Einwirkung des Stroms erklärt sich grösstentheils durch die Abnahme der Leitungswiderstände in der Haut, welche gerade gegenüber dem galvanischen Strome eine so wichtige Rolle spielen. Durchfeuchtung der Epidermislagen, Füllung der Schweissdrüsentrichter mit Wasser, Hyperämisirung und seröse Durchtränkung des Cutisgewebes sind Momente, welche die Leitungsfähigkeit der Haut ganz erheblich bessern.

Es muss also bei Versuchen, die Veränderungen der Erregbarkeit zu prüfen, in dieser Hinsicht mit der grössten Vorsicht verfahren werden; es müssen die feinsten Hülfsmittel des Instrumentariums in Anwendung gezogen werden, wenn man die geringen Differenzen der Anspruchsfähigkeit exact in Zahlen ausdrücken will. In letzterer Beziehung ist die Anwendung unpolarisirbarer Elektroden und des Rheostaten unentbehrlich.

Der Letztere gestattet allein eine hinreichend feine Graduirung der Stromstärke, während die Unpolarisirbarkeit der Elektroden nöthig ist, um Veränderungen in den Leitungswiderständen der Haut während der Dauer des Versuches hintanzuhalten. Ich liess die Haut am Handgelenk oder am Kniegelenk, — je nachdem ich die Erregbarkeit des N. medianus und ulnaris oder des N. peroneus prüfen wollte — einige Stunden vor dem Beginn des Versuches mit Warmwasserumschlägen unter Gummituch bedecken, um eine gründliche Durchfeuchtung der Epidermis und Füllung der Schweisstrichter mit Flüssigkeit zu erzielen. Das Einleiten des Stromes durch die fingerdicken Thonstiefel der unpolarisirbaren Elektroden verursacht an der Haut nur eine mässige Hyperämie, welche sich aber selbst bei stundenlangem Experimentiren an derselben Hautstelle nicht erheblich verstärkt oder ausbreitet. Man kann also während der Dauer des Versuches auf ziemliche Constanz der Leitungswiderstände in der Haut rechnen, während die letzteren sich bei Anwendung gewöhnlicher Elektroden durch die polarisirende Nebenwirkung fortwährend ändern. Dabei kann man sehr hohe Stromstärken anwenden, ohne den Schmerz zum Unerträglichen zu steigern und unwillkürliche Bewegungen anzuregen.

Es zeigte sich nun, wie schon oben (p. 85 u. 86) erwähnt wurde, eine Steigerung der Erregbarkeit von verschiedener Dauer

und Höhe, je nachdem schwache oder starke, kurze Schläge oder langdauerndes Strömen oder Commutation angewendet wurde.

Die Dauer der Erregbarkeitssteigerung erstreckt sich übrigens nach meinen Versuchen nur selten über eine Minute hinaus[1]).

Die sensiblen Nerven.

Es ist schon oben (pag. 42 ff.) von der Einwirkung des elektrischen Stromes auf die sensiblen Hautnerven die Rede gewesen. Es genüge hier deshalb, zu bemerken, dass die Einleitung elektrischer Ströme auf den Stamm oder Zweig eines sensiblen Nerven dieselben subjectiven Erscheinungen im Gesammtbereich der Ausbreitungen des betroffenen sensiblen Nervenstammes hervorruft, als wenn die peripherischen Nervenendigungen unmittelbar gereizt werden. Auch hier ist der Schmerz, welcher in der peripherischen Ausbreitung des Nerven empfunden wird, verschieden je nach der Art des einwirkenden Stroms. Der inducirte Strom ruft einen prickelnden, stechenden Schmerz hervor, welcher während der ganzen Dauer der Reizung gleichstark fortdauert, der constante erregt einen mehr brennenden Schmerz, welcher am stärksten beim Schliessen der Kette, schwächer beim Oeffnen und am schwächsten während der Dauer des Fliessens ist. Auch hier zeigt sich, wie bei der Reizung des motorischen Nerven und der unmittelbaren Erregung der Hautnerven-Ausbreitungen, Ueberwiegen des negativen Poles über den positiven.

Bei der Reizung durch Inductionsströme wächst der Schmerz mit der Schnelligkeit der Unterbrechungen. Als die Ursache dieser Erscheinung sieht man Folgendes an. Die Nachempfindung, welche jeder Schliessung und Oeffnung der Kette folgt, hat bei langsamen Unterbrechungen eher abzuklingen Zeit, als bei rapider Aufeinanderfolge von Oeffnung und Schliessung der Kette. Deshalb summirt sich bei kurzer Dauer der Unterbrechung die volle Nachempfindung mit dem Reizeffekt der neuen Schliessung zu hohen Werthen, während bei längerer Dauer jeder einzelnen Unterbrechung der erste Summand, nämlich die (be-

---

1) Bei der Besprechung dieses Gegenstandes auf p. 86 ist durch einen unliebsamen Druckfehler die Dauer auf 5—10 Minuten angegeben, während es 0,5—1,0 Minute heissen sollte.

kanntlich rasch abnehmende) Nachempfindung sich vermindert und sonach mit dem neuen Reizeffekt summirt geringere Werthe ergiebt.

Die sensiblen Nervenfasern der Muskeln werden bekanntlich als diejenigen Bahnen angesehen, auf denen das sog. Muskelgefühl zum Bewusstsein gebracht wird. Unter pathologischen Verhältnissen gelangt durch dieselben Bahnen aber auch das Gefühl des Muskelschmerzes zum Bewusstsein, z. B. nach Ueberanstrengungen einzelner oder vieler Muskeln, beim Muskelkrampf, bei den Entzündungen und Contracturen der Muskelmassen u. s. w. Diese sensiblen Muskelnerven sind zwar bekanntlich anatomisch noch nicht nachgewiesen, allein ihre Existenz kann nichts destoweniger sowohl aus physiologischen als pathologischen Thatsachen mit Sicherheit erschlossen werden [1]).

Duchenne hat das Verdienst, auf die durch faradische Contraktion der Muskeln entstehenden Empfindungen zuerst aufmerksam gemacht und gezeigt zu haben, dass diese »Sensibilité électro-musculaire« ganz unabhängig von der Erregung sensibler Hautnerven bestehe, insofern sie sich auch bei Muskeln, welche durch Verletzungen, Operationen u. s. w. vollkommen blosgelegt seien, durch Einleitung inducirter Ströme auf die freiliegende Muskelsubstanz nachweisen lasse. Bestätigt wird diese Angabe Duchenne's durch Beobachtungen an manchen Lähmungsformen, besonders bei hysterischen, wo, wie ich dies ebenfalls wiederholt beobachtete, trotz vollkommener Hautanästhesie die Muskelsensibilität bei faradischen Contraktionen sich erhalten zeigte. Wir können also wohl als feststehend betrachten, dass jede elektrische Contraktion eines quergestreiften Muskels in demselben eine Empfindung erregt, deren Intensität in geradem Verhältnisse zur Intensität des Stromes, d. h. zur Energie der Contraction steht. Durch allmälige Steigerung der Stromstärke kann diese Empfindung von dem Gefühl leichter Spannung bis zum heftigsten Schmerze gesteigert werden.

---

1) Vergl. die ausführliche Erörterung dieses Gegenstandes bei Eulenburg, Lehrbuch der functionellen Nervenkrankheiten. Berlin 1871, p. 282 ff.

Duchenne hat diese von ihm als Sensibilité électro-musculaire bezeichnete Eigenschaft mit besonderer Vorliebe behandelt und ist endlich zu Schlüssen gelangt, welche wir als zu weitgehend bezeichnen müssen. Er statuirt für die einzelnen Muskeln sehr verschiedene Grade der elektro-muskulären Sensibilität und hält die genaue Kenntniss derselben für die Zwecke der Faradisation für viel wichtiger als die Kenntniss der übrigen Eigenschaften des Muskels [1].

Es geht indessen aus den Angaben, welche Duchenne über die verschiedenen Grade der elektro-muskulären Sensibilität bei einzelnen Muskeln, z. B. bei den Gesichtsmuskeln, den Cuculares, den Sternocleidomastoideis, den Pectorales u. A. macht, wie Remak [2]) 1855 schon bemerkte, mit Sicherheit hervor, dass Duchenne vielfach die Sensibilität der Haut und die durch oberflächliche Lage der innervirten motorischen Nerven bedingte Leichterregbarkeit von Muskelcontractionen mit in den Bereich der elektro-muskulären Sensibilität gezogen habe. Die Einwürfe Remak's haben Duchenne jedoch nicht überzeugt und seine Ansicht über diesen Gegenstand ist nach dem Wortlaut der englischen Uebersetzung der III. Auflage des Duchenne'schen Werkes [3]), welche mit dem der II. Auflage vollständig übereinstimmt, auch heute noch dieselbe.

---

1) Il importe beaucoup moins à l'opérateur, surtout lorsqu'il applique la faradisation musculaire à la thérapeutique, de connaître le degré d'excitabilité de la motricité des nerfs ou de la contractilité électrique des muscles, que de savoir, quel est le degré de sensibilité developpée par la faradisation de ces nerfs ou de ces muscles ..... C'est donc principalement sur la connaissance du degré d'excitabilité de la sensibilité électro-musculaire que repose l'art de la faradisation musculaire localisée, appliquée à la therapeutique etc. Electrisation localisée II. Edit. p. 72 ff.

2) Ueber methodische Elektrisirung gelähmter Muskeln, I. Aufl. p. 24.

3) A treatise on localized electrization and its applications to pathology and therapeutics By Dr. G. B. Duchenne. Translated from the III. Edit. of the original by Herbert Tibbits, M. D. London 1871.

Diese englische Uebersetzung, welche die erste Hälfte des Originals wiedergiebt, hat das sonderbare Schicksal gehabt, erheblich früher an die Oeffentlichkeit zu treten, als das Original, welches erst kürzlich vollendet ist. Die erste Hälfte des letzteren war nach H. Tibbits' Mittheilung gedruckt, als die deutschen Armeen Paris einschlossen. Durch

Ich kann diese Ansicht Duchenne's von der grossen Verschiedenheit und praktischen Wichtigkeit der elektro-muskulären Sensibilität nicht theilen. Ich will zwar die Richtigkeit der Voraussetzung nicht in Abrede stellen, dass die Zahl der sensiblen Nervenfasern in den einzelnen Muskeln eine verschiedene sei, ja es erscheint mir sogar nicht unwahrscheinlich, dass kleine, vielbeschäftigte und mit den subtilsten Leistungen beauftragte Muskeln, wie z. B. die des Gesichts, der Vorderarme und Hände verhältnissmässig reicher an sensiblen Fasern resp. Endapparaten seien, als grosse und zu groben Arbeiten bestimmte Muskeln, z. B. die des Oberschenkels, des Gesässes u. A., allein die faradische Reizung der vorgenannten kleinen Muskeln lässt uns einen solchen Unterschied nicht erkennen. Wo wir bei der Faradisirung der Gesichts-, Hals-, Hand- und Vorderarmmuskeln im Stande sind, eine starke Erregung der sensiblen Haut- und Periostnerven zu vermeiden, finden wir die Contraction der genannten Muskeln nicht schmerzhafter als die von grösseren Muskelmassen.

Für Duchenne ist, wie er selbst immer wieder betont, der praktische Gesichtspunkt massgebend. Nach ihm ist bei der therapeutischen Anwendung der Faradisation die genaue Kenntniss der jedem einzelnen Muskel innewohnenden Sensibilité nöthig, um die demselben zu einer energischen und möglichst schmerzlosen Contraction nöthige »Dosis« Elektricität zu geben [1].

Bei dieser Aufgabe kommen aber eine Reihe sehr verschiedener Momente in Betracht, nämlich einmal die sensiblen Nerven der Haut, des Periosts und Perichondriums, die sensiblen Nerven des Muskels resp. seiner Bindegewebsscheiden, dann die Grösse des zu verkürzenden Muskels, endlich die Erreichbarkeit seines motorischen Nerven, welche wiederum abhängt von der Lage desselben zur Oberfläche, von der Dicke der Epidermis, des Fettpolsters u. s. w.

Alle diese Dinge wirft Duchenne, wie sich aus seinen Angaben über die Empfindlichkeit einzelner Muskeln gegen den

---

die Ereignisse während der Belagerung kam der Druck in's Stocken, während Tibbits die Uebersetzung der ersten Hälfte in London herausgab.

1) . . administrer à chacum des muscles ou des nerfs la dose de l'électricité nécessaire à la production d'une contraction musculaire energique, et cela sans développer une grande douleur. l. c. p. 75.

Strom mit Sicherheit ergiebt, zusammen. Duchenne's »Sensibilité des muscles« ist nicht Sensibilität im gewöhnlichen physiologischen Sinne, sondern Empfindlichkeit der Muskeln gegen faradische Ströme im populären Sinne oder ganz allgemein die Art und Weise, wie der Muskel gegen den elektrischen Reiz reagirt. Eine derartige Auffassung können wir natürlich nicht als correkt bezeichnen und adoptiren.

Die Sinnesnerven.

A. Der Sehnerv.

Die eigenthümliche Einwirkung des galvanischen Stromes auf den Sehnerven beim Schliessen und Oeffnen der Kette wurde von Volta[1]) gegen Ende des vorigen Jahrhunderts entdeckt. Genauer studirt wurden im Anfang dieses Jahrhunderts die galvanisch-optischen Phänomene durch Ritter[2]), der die Persistenz der Licht- und Farbenerscheinungen bei geschlossener Kette zuerst constatirte, Purkinje[3]), der eine Reihe einzelner Phänomene hinzufügte und Joh. Müller[4]), der die ganze Lehre bereits in einen Rahmen zu fassen vermochte.

In der neueren Zeit haben sich mit dieser Frage Brunner[5]), Funke[6]), Helmholtz[7]) und Brenner[8]) eingehender beschäftigt.

Durch diese Autoren ist die Lehre von den galvanischen Phosphenen jener zahlreichen Subjectivitäten entkleidet, welche ihr seit Ritter und Purkinje anhaftete, und in ihren Grund-

---

1) Collezione dell' Opere. Tom. II. P. II. p. 124.

2) Gilbert's Annalen der Physik Bd. VII. 1801 und Bd. XIX. 1805.

3) Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Beiträge zur Kenntniss des Sehens in subjectiver Hinsicht Bd. I pag. 50 ff. Prag 1819. Bd. II pag. 31. 1825.

4) Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig 1826.

5) Ein Beitrag zur elektr. Reizung des Nerv. opticus. Leipzig 1861.

6) Lehrbuch der Physiologie. Leipzig 1864. Bd. II pag. 318.

7) Handbuch der physiolog. Optik (in Karsten's Allgem. Encyclopädie der Physik Bd. IX). Leipzig 1867 pag. 202 ff. und »Nachträge« pag. 830.

8) Untersuchungen pp. Bd. I pag. 26 ff. Bd. II pag. 35 ff.

zügen, welche wir allerdings zum grössten Theil schon den Beobachtungen der eben genannten Forscher verdanken, befestigt worden.

Helmholtz fasst die Wirkung constanter Ströme nicht mehr, wie es bis dahin geschehen war, als einfache Reizung auf, sondern als Veränderungen der Reizempfänglichkeit durch den electrotonischen Zustand; und zwar verlegt er auf Grund von Versuchen mit schmalen Zuleitern den Sitz der Phänomene in die Radialfasern der Netzhaut, deren electrotonischer Zustand zur Erscheinung komme, während eine constante schwache innere Erregung an der hinteren Fläche der Netzhaut stattfinde. »Legt man, sagt Helmholtz l. c. p. 840, die negative Elektrode im Nacken an und benutzt als positive Elektrode ein kegelförmig zugespitztes und mit Salzwasser getränktes Stück Schwamm, welches an einem Stiel von Metall befestigt ist, und nahe am äusseren Augenwinkel an die wohlbefeuchteten Augenlider mit seiner Spitze angelegt wird, so erscheint das Gesichtsfeld nach der Nasenseite hin dunkel, auf der Schläfenseite hell; die Eintrittsstelle des Sehnerven, welche in den hellen Theil fällt, erscheint dunkel. Wendet man das Auge so, dass der Fixationspunkt an die Grenze des hellen und dunklen Theiles fällt, so erscheint von ihm aus ein helles Lichtbüschel gegen den dunklen Theil, ein dunkles Büschel gegen den hellen Theil des Gesichtsfeldes gekehrt. Diese beiden oval abgegrenzten Büschel bedecken etwa die Ausdehnung des gelben Flecks. Kehrt man die Stromesrichtung um, so vertauschen sich Hell und Dunkel der ganzen Erscheinung«.

Die Erklärung dieser Phänomene, welche H. mittelst des Pflüger'schen Gesetzes vom Electrotonus versucht, ist folgende: »Wenn die positive Elektricität auf der äusseren Seite des Auges in den Augapfel einströmt, an der inneren und hinteren Seite wieder ausströmt, so wird die Erregbarkeit der Netzhaut an ihrer hinteren Fläche dort geschwächt, hier vermehrt werden; daher die innere Hälfte des Sehfeldes, welche der äusseren Netzhauthälfte entspricht, dunkel, die äussere Hälfte desselben hell erscheinen muss. Der Sehnerv wirkt wahrscheinlich als schlechtleitende Masse und schwächt den Strom nahe seiner Eintrittsstelle, daher dieser sich durch entgegengesetzte Beleuchtung vor ihrem Grunde auszeichnet. Steht der gelbe Fleck an der Grenze der entgegen-

gesetzt durchströmten Netzhauttheile, so geht in ihm die Strömung nach der Flächenrichtung der Netzhaut. Im gelben Fleck haben wir aber auch in der Fläche der Membran verlaufende Faserbündel. Diese werden also von der positiven Elektricität in der Richtung von der Schläfe nach der Nase durchflossen, d. h. die Fasern an der Schläfenseite der Netzhautgrube werden durchflossen in der Richtung gegen ihr mit den Zapfen in Verbindung stehendes Ende hin, die an der Nasenseite der Netzhautgrube von diesem Ende weg. In jenen wird die Erregung gesteigert, in diesen vermindert; daher das helle Bündel auf der Nasenseite des Fixationspunktes im Gesichtsfelde, der dunkle Büschel auf seiner Schläfenseite. Aendert man die Eintrittsstelle des Stromes, so verschiebt sich die ganze Erscheinung entsprechend.«

Brenner hat [l. c.] die Frage von der galvanischen Opticus-Erregung experimentell durchgeprüft und dieselbe von seinem (polaren) Standpunkte aus, nach welchem die Stromrichtung ohne Einfluss ist, vielmehr die wahrnehmbaren Effecte der Galvanisirung reine Polwirkungen sind, in präciser Weise zusammengestellt. Wir wollen das Wichtigste dieser Brenner'schen Darstellung in kurzen Zügen wiedergeben, da aus derselben der jetzige Stand der Frage klar hervorgeht.

Die optischen Reizerscheinungen, welche bei Einwirkung eines galvanischen Stromes auf das Auge beim Schliessen und Oeffnen der Kette in Form von Blitzen an einer bestimmten Stelle des inneren Auges entstehen, kommen dadurch zu Stande, dass der Sehnervenapparat selbst vom Strom getroffen wird.

Die Leichtigkeit, mit welcher der Sehnerv auf den elektrischen Strom reagirt, ist bei verschiedenen Individuen sehr verschieden. Ebenso bietet auch die Qualität der Reaction, insbesondere die Form und Färbung des Lichtbildes bei verschiedenen Personen die grössten Differenzen dar.

Von grosser Wichtigkeit für die Leichtigkeit des Zustandekommens ist die Stellung der beiden Elektroden zu dem Augapfel und zu einander. Es ist nämlich die optische Erscheinung, wenn beide Elektroden in nahezu gleicher Entfernung vom Sehnerven in der Umgebung des Auges aufgesetzt werden, überhaupt schwierig hervorzurufen und bleibt selbst unter den günstigsten

Umständen undeutlich. Mit Leichtigkeit und Deutlichkeit entsteht dieselbe nur, wenn die Entfernung beider Elektroden vom Sehnerven eine verschiedene ist; jedoch darf die Entfernung der beiden Elektroden von einander weder eine zu grosse noch eine zu geringe sein.

Der Sehnervenapparat reagirt auf den Strom mit der Empfindung eines je nach den Polen verschieden gefärbten Lichtbildes, und zwar tritt jedesmal dasjenige Lichtbild auf, welches der dem Auge am nächsten stehenden Elektrode entspricht.

Jedes bei Schliessung der Kette erscheinende Polbild besteht aus zwei Farben, von denen die eine intensiver ist, sich im Centrum des Bildes befindet, nach dem Schlusse der Kette länger andauert und schon bei geringer Stromstärke auftritt, während das andere einen blassen Hof um das erstere bildet, schneller verschwindet und höhere Stromstärke erfordert.

Diejenige Farbe, welche bei dem einen Pol das Centrum des Bildes erfüllt, bildet bei dem andern den Hof desselben und umgekehrt.

Während längerer Stromesdauer verschwindet die Lichterscheinung, welche einige Secunden nach dem Kettenschlusse in sich stetig vermindernder Intensität anhält, vollständig.

Bei der Oeffnung der Kette entsteht momentan ein Bild von der umgekehrten Farbenstellung des Schliessungsbildes. Sehr häufig wird hierbei nur eine der beiden Farben, aber in der die Umkehr des Bildes charakterisirenden Stellung wahrgenommen.

Je grösser die Differenz in der Entfernung beider Elektroden vom Sehnerven, um so schwächer wird der Hof des Bildes und mit ihm diejenige Farbe, welche beim Kettenschlusse dem Centrum entsprechen würde, sobald die jetzt entferntere Elektrode mit der anderen die Ansatzstelle vertauscht.

Bei Dichtigkeitsschwankungen während ununterbrochener Stromesdauer treten dieselben Erscheinungen, nur mit geringerer Intensität auf, als bei Ketten-Schluss und -Oeffnung. Eine anschwellende Schwankung bringt einen der Kettenschliessung, eine abnehmende einen der Kettenöffnung analogen Reizeffect zu Wege.

Je mehr sich die Richtung derjenigen Linie, welche beide Elektroden mit einander verbindet, der Längsachse des Sehnerven annähert, um so grösser ist Dauer und Intensität der Erscheinung. Eine der günstigsten Anordnungen des Versuches ist daher

ceteris paribus diejenige, wobei man die eine Elektrode auf dem Nacken, die andere auf oder an dem Auge aufsetzt.

Das Lichtbild befindet sich nicht in der Richtung der Sehachse, sondern vielmehr seitlich von dem fixirten Gegenstande, und zwar rechts von demselben beim rechten, links von ihm beim linken Auge. Diese Entfernung des Lichtbildes von dem in der Sehachse liegenden Object wächst mit der Entfernung des letzteren vom Auge. Beim Ansetzen der Augenelektrode an die innere Seite der Nasenwurzel konnte Brenner gleichzeitig noch ein zweites von meist schwächerer Intensität nach innen und in derselben Entfernung von dem fixirten Gegenstande, sodass dieser sich dann zwischen zwei Lichtbildern befand, constatiren. Einen Einfluss der Entstehung des Lichtbildes auf Grösse, Deutlichkeit und Färbung der direct betrachteten Objecte konnte B. nicht nachweisen.

In den meisten Fällen hat das galvanische Lichtbild die Gestalt einer Scheibe von etwa 3—4 Linien Durchmesser, deren Centrum scharf, deren Hof weniger scharf begrenzt ist. Ueber das ganze Lichtbild verlaufen deutliche schwarze Linien von verschiedener Dicke und unregelmässiger Verzweigung. Von dem intensiver gefärbten Hintergrunde des centralen Theils heben sich dieselben mit grösserer Deutlichkeit ab, als von dem schwächer leuchtenden Hofe. B. hält hiernach den centralen Theil der Scheibe für den blinden Fleck und vermuthet, dass die über demselben verlaufenden schwarzen Linien die Gefässe sind.

Die Färbung des Lichtbildes ist bei den einzelnen Individuen verschieden, aber bei derselben Person immer dieselbe[1]). B. beobachtete an sich selbst bei der

1) Von der grossen Mannigfaltigkeit der Lichterscheinungen, welche Purkinje an sich beobachtete, geben die zahlreichen Abbildungen mit violetten, gelben und rothen Farben Zeugniss, welche sich in seinen Göthe gewidmeten »Neuen Beiträgen zur Kenntniss des Sehens in subjectiver Hinsicht« (II. Bändchen 1825) finden. Uebrigens sind gewiss unter diesen zahlreichen von Purkinje beobachteten Phänomenen viele, welche auf Ueberreizung seines Auges beruhten. Insbesondere hat bisher kein Beobachter die Rautenform des centralen Lichtfeldes bestätigen können.

KaS hellblaues Centrum und gelbgrünen Hof, an der AnS gelbgrünes Centrum mit hellblauem Hof und bei KaO und AnO das entsprechend umgekehrte Farbenbild. Von vier anderen Personen wurden die Farben als gelb und lila, roth und bläulich, hellroth und blau, tiefblau und hellblau angegeben.

Ich kann die Richtigkeit der vorstehenden Resultate wohl in den wichtigsten Punkten bestätigen, habe mich aber doch nicht eingehend genug mit dieser Frage beschäftigt, um ein irgendwie massgebendes Urtheil über diese verwickelte und durch individuelle Verschiedenheiten erschwerte Materie wagen zu können.

Einer besonderen Erörterung bedarf noch die Frage, ob die im Vorstehenden mitgetheilten galvanisch-optischen Erscheinungen durch directe Erregung resp. Elektrotonisirung der Retina oder auf reflectorischem Wege durch Reizung von Trigeminus-Zweigen erzielt werde.

Diese Frage ist von den früheren Experimentatoren entweder ausdrücklich oder stillschweigend im Sinne der directen Retina-Erregung beantwortet worden.

Neuerdings haben sich indessen Stimmen für die Reflextheorie erhoben, und insbesondere hat sich Benedikt[1]) ganz generell dahin ausgesprochen, dass die Reizung aller höheren Sinnesnerven durch galvanische Reflexreizung von den sensiblen Nerven aus — und zwar für den Nervus opticus am besten von den verschiedensten sensiblen Aesten des Trigeminus aus — geschehe.

Um diese Auffassung zu widerlegen, müssen wir die Gründe, welche für dieselbe angeführt werden, etwas genauer erörtern.

Benedikt begründet seine Ansicht mit folgenden Worten: »Dass es sich nicht um Stromesschleifen, sondern um Reflexe handelt, geht daraus hervor, dass die subjective Licht- und Gehörsempfindung immer ceteris paribus der sensiblen Empfindung proportional ist. Entscheidend wäre es, wenn es uns gelänge, auch durch andere als galvanische Reize von den sensiblen Nerven aus subjective Gesichts- und Gehörsempfindungen hervorzurufen. Dies gelingt jedoch nur in pathologischen Fällen, wo

1) l. c. pag. 61 und Archiv für Ophthalmologie X. p. 97, 1864.

man durch Druck auf die Zitzenfortsätze oder die Halswirbelsäule auf die Schwerhörigkeit, auf das Ohrensausen und die Amblyopie verschlimmernd oder verbessernd einwirken kann«.

Ich habe diese Beweisführung schon oben (pag. 37) als unzulänglich bezeichnet und verweise im Uebrigen auf das Nachstehende.

Auch Althaus [1]) hat sich auf Grund einer Krankenbeobachtung auf die Seite der Reflextheorie gestellt. Es handelte sich in diesem Falle um eine doppelseitige Trigeminus-Anästhesie bei einem 27jährigen Manne, mit gleichzeitiger starker Photophobie und dichten Leukomen beider Hornhäute. Bei diesem Kranken liessen sich durch Einleitung eines galvanischen Stromes von 10 resp. 20 Paaren der Daniell-Muirhead'schen Batterie mit einem Galvanometerausschlage von 35 resp. 50 Grad keine optischen Erscheinungen hervorrufen, ebenso wie auch weder Schmerz noch Schwindel noch die charakteristische galvanische Geschmacks- und Geruchsempfindung auftraten.

Bei einer Steigerung der Elementenzahl auf 30 mit 72° Nadelablenkung nahm der Patient eine leichte Empfindung von Wärme und Stechen, geringen kupferigen Geschmack, geringen phosphorigen Geruch und leichten Schwindel wahr; ob aber dabei auch optische Erscheinungen aufgetreten wären, ist leider nicht bemerkt.

Diese Althaus'sche Beobachtung ist scheinbar sehr schlagend, und doch verliert sie bei genauerer Betrachtung alle Beweiskraft. Zunächst kann der Sehapparat hier nicht als ein normales Object für die Prüfung der galvanischen Reaction bezeichnet werden, da ausser starken Leukomen beider Hornhäute eine beträchtliche Lichtscheu, also jedenfalls sehr erhebliche Störungen im Sehapparat, vorhanden waren. Sodann fehlt der Nachweis, dass die Reaction der Retina auf die galvanische Reizung des Trigeminus nach beseitigter Anästhesie sich wieder hergestellt habe. Auch wie es sich mit den optischen Erscheinungen bei Galvanisirung der nicht anästhetischen Hautpartien hinter den Ohren und im

---

1) Zur Physiologie und Pathologie des Trigeminus. D. Archiv für klin. Med. 1870 Bd. VII pag. 563 sqq. Vgl. auch dessen Treatise on medical electricity II. ed. pag. 155 sqq.

Nacken verhalten habe, ist nicht angegeben. Wir können hiernach der Althaus'schen Beobachtung, so interessant und wichtig sie auch an sich ist, eine massgebende Bedeutung für die vorliegende Frage nicht zuerkennen.

Gegen Benedikt und die Anhänger der Reflextheorie überhaupt muss ich zunächst die von mir gefundene, schon oben (pag. 35 ff.) erwähnte ausgezeichnete Leitungsfähigkeit der Bulbi ins Feld führen, welche die hohe Erregbarkeit der Retina gegen die schwächsten Stromschleifen verständlich und den immerhin bedenklichen Umweg durch den Trigeminus unnöthig macht. Solange es möglich ist, für das Verständniss einer Erscheinung physikalisch oder physiologisch erwiesene oder zu erweisende Thatsachen aufzufinden, sollte man doch die dunkle Bahn der Reflexe vermeiden. Und eine solche physikalische Thatsache liegt hier nunmehr vor. Ich habe schon oben (pag. 22) an das physikalische Gesetz erinnert, dass bei Zweigströmen die Intensität des Stromes in den einzelnen Zweigen sich umgekehrt verhält wie die Grösse der in ihm enthaltenen Widerstände. Da nun die Bulbi nebst den Weichtheilen ihrer Umgebung nach den von mir angestellten Versuchen eine Strombahn mit höchst geringen Widerständen darstellt, so ist erklärlich, dass schon bei der Einleitung relativ schwacher galvanischer Ströme in die Schläfe die optischen Erscheinungen stark hervortreten, da wahrscheinlich die ganze Summe der Stromfäden durch die Bulbi geht, und ferner, dass selbst bei Application beider Elektroden am Unterkiefer oder gar am Halse oder im Nacken die Intensität der Stromschleifen, welche die trefflich leitende Bahn durch die Bulbi aufsuchen, immer noch stark genug ist, um schwache Blitze hervorzurufen.

Hierzu kommen nun noch andere Gründe, welche kaum weniger beweiskräftig sind: vor Allem die Thatsache, dass sich die Lichterscheinungen bei manchen Personen — zu denen ich selbst gehöre — auch vom Nacken, also von einem dem Trigeminus weit abliegenden Gebiete aus, hervorrufen lassen. Zur Erklärung dieser Thatsache müssen die Verfechter der Reflextheorie wieder einen Schritt weiter auf dem Gebiet der Hypothese gehen, indem sie ausser dem Trigeminus auch noch die sensiblen Cervicalnervenäste als Ausgangspunkt der Reflexerregung statuiren. Hiernach bleibt dann aber wieder unaufgeklärt,

weshalb nicht auch die sensiblen Zweige des Plexus brachialis an der Schulter und an den Oberextremitäten Ausgangspunkte galvanischer Lichtphänomene sein können.

Nach unserer Auffassung dagegen erklärt sich die Thatsache auf die einfachste Weise so, dass diejenigen Personen, bei denen vom Nacken aus die optischen Erscheinungen zu erregen sind, diese Eigenschaft nur deshalb haben, weil sie im Besitz einer feinen Epidermis und eines dünnen Panniculus sind, sodass also die oberflächlichen Leitungswiderstände für den galvanischen Strom gering sind. Meine Beobachtung bestätigt diese Annahme auch durchweg, sodass ich ganz allgemein sagen möchte: Personen, bei welchen die galvanisch-optischen Erscheinungen bei grosser Entfernung beider Elektroden von den Bulbis und rel. schwachen Strömen gelingt, besitzen eine feine, nicht trockene Epidermis und dünnen Panniculus.

Unerklärt bleibt ferner nach der Reflextheorie, wie übrigens schon Brenner[1]) bemerkt hat, dass pathologische Zustände des Trigeminus, z. B. Hyperästhesie, keinen Einfluss auf das Zustandekommen der optischen Phänomene haben; dass Inductionsströme, trotzdem sie die sensiblen Nerven und insbesondere den Trigeminus viel heftiger reizen als schwache galvanische Ströme, fast ohne Einwirkung auf den Opticus sind; dass gewisse Stellungen der Elektroden die Sehnervenreizung begünstigen, andere sie verhindern oder doch erschweren, ohne dass der Grad und der Modus der Hautnervenreizung geändert würde; dass jedem Pole ein besonderer Lichteffect entspricht, — eine Thatsache, welche, wie Brenner ganz richtig bemerkt, mit der Reflextheorie nur dann in Einklang zu setzen wäre, wenn man annähme, dass der electrotonische Zustand, welchen der betreffende Pol in den Enden des N. trigeminus erzeuge, in demselben Sinne auch auf den Sehnerven übertragen werde, d. h. also, dass Electrotonus in einem vom Strom gar nicht durchflossenen Nerven erzeugt werden könne — eine Annahme, welche durch keine Analogie gestützt wird.

Die angeführten Gründe zwingen uns, wie ich glaube, zu der Annahme, dass die optischen Erscheinungen durch

---

1) l. c. Bd. I p. 68.

directe Einwirkung des galvanischen Stromes auf die Opticusausbreitung (und nicht auf reflectorischem Wege) zu Stande kommen, und dass der Grund für die Erregbarkeit des Opticus für galvanische Ströme vor Allem in der ausgezeichneten Leitungsfähigkeit der Bulbi und ihrer Umgebung zu suchen sei. Möglicherweise wirkt auch die flächenhafte Ausbreitung des Opticus im Auge begünstigend für das Zustandekommen des Erregungszustandes (vgl. die Theorie von Helmholtz oben pag. 121).

Ueber das Verhalten der **Pupillen** resp. der **Irismuskulatur** gegen den elektrischen Strom sei hier noch in Kürze das Wichtigste bemerkt:

Bekanntlich ist die allgemeine Annahme, dass die Iris zwei Systeme glatter Muskeln besitze, nämlich ein circuläres in der innern Zone der Iris gelegenes, unter der Herrschaft des Oculomotorius stehendes, und ein radiäres, in der äusseren Zone der Iris gelegenes und vom Sympathicus innervirtes, vor Kurzem von Grünhagen [1]) auf Grund histologischer und histochemischer Untersuchungen in soweit bestritten, als er die Nichtexistenz eines Dilatator pupillae bei Säugethieren behauptet. Diese Behauptung ist neuerdings von Henle [2]), v. Hüttenbrenner [3]), Bernstein [4]), Engelhardt [5]), bekämpft und wie es scheint, auch widerlegt. Engelhardt und vor ihm Bernstein gingen experimentell vor, indem sie bei lebenden resp. eben getödteten Thieren die beiden Muskelsysteme theils direct, theils indirect getrennt oder gemeinsam mit schwachen oder stärksten elektrischen Strömen reizten. Es ergab sich die Existenz von dila-

---

1) Zeitschrift für rationelle Medicin Bd. XXVIII, p. 176, 1864 und XXIX p. 275, XXXVI p. 40.

2) Handbuch der system. Anatomie d. Menschen Bd. II, p. 634.

3) Sitzungsberichte der Wiener Akademie. Math.-naturwiss. Classe I. 1868 März und 1869 Juni.

4) Verhandlungen des naturhist.-medicinischen Vereins zu Heidelberg Bd. IV, II 1865.

5) Beiträge zur Lehre von den Bewegungen der Iris. Untersuchungen aus dem physiolog. Laboratorium (v. Bezold's) zu Würzburg IV. p. 296 ff.

tirenden Radiärfasern zur Evidenz. Aufsetzen von 4 Drahtelektroden im Viereck auf den limbus corneae und Durchleiten eines faradischen Stromes ergeben Erweiterung der Pupillen, Aufsetzen derselben auf den inneren Rand der Pupillen Verengerung derselben. Lässt man auf das eine Auge des Thieres Calabarextractlösung einwirken, sodass ein maximaler Grad von Myose eintritt, so bleibt die Reizung des vorher durchschnittenen Halssympathicus (am centralen Ende) erfolglos, die Pupille bleibt contrahirt. Reizt man jedoch die Iris durch zwei gegenüberstehende auf den Limbus corneae placirte Elektroden, so tritt sofort Erweiterung der Pupillen ein.

Bei gleichzeitiger indirecter Reizung der beiden Muskelsysteme, d. h. vom Oculomotorius und Sympathicus aus, lässt die Reizung des Ersteren die Erregung des Letzteren nicht zur Geltung kommen.

Man kann übrigens nicht nur am Thiere (Kaninchen, Hund), sondern auch am (chloroformirten) Menschen sehr leicht die Verengerung der Pupillen durch Aufsetzen von Drahtelektroden am Limbus corneae nachweisen, wenn man dieselben wegen der ungleich intensiven Wirkung der beiden Pole nur aus dem einen Pole zieht, während man den andern Pol am Rumpf aufsetzt. Interessant wäre es, diese Prüfung bei Oculomotoriuslähmung vorzunehmen, um sich von dem Verhalten der gelähmten glatten Circulärfasern gegenüber den beiden Stromesarten nach längerer oder kürzerer Dauer der Lähmung informiren zu können.

Ueber die elektrische Reizung der willkührlichen Augenmuskeln finden sich die nöthigen Angaben weiter unten bei den »anatomisch-physiologischen Daten zur Methode der Localisirung des elektrischen Stromes« beim Kopfe.

B. Der Hörnerv.

Die Geschichte der Versuche der elektrischen Erregung des Hörnerven hatte bereits ein Alter von mehr denn 70 Jahren erreicht, als Brenner[1]) seinen historischen Rückblick schloss mit dem Gesammt-Ergebniss: dass es bisher nicht festgestellt sei, ob,

---

1) Untersuchungen pp. Bd. I p. 45.

und unbekannt sei, wie der Gehörnerv auf die Einwirkung elektrischer Ströme reagire.

Brenner hat sich der Lösung dieser schwierigen Frage mit Liebe und Ausdauer hingegeben. Das Resultat seiner vieljährigen Studien ist ein positives gewesen, sowohl was das physiologische als was das pathologische Verhalten des Acusticus gegen den galvanischen Strom betrifft.

Für die Reaction des gesunden Hörnerven hat Brenner eine Normalformel aufgestellt, welche etwa folgendermassen lautet[1]):

Der Hörnerv beantwortet, wenn die Kathode in oder am Ohr[2]) steht, die Schliessung der Kette und einen kurzen Theil der Stromesdauer mit Gehörssensation, dagegen wenn die Anode die erregende ist, nur die Oeffnung der Kette.

Innerhalb der möglichen und erlaubten Stromstärken bleiben die Oeffnung der Kette an der Kathode sowohl, als die Schliessung derselben und die Dauer des Stromes an der Anode unbeantwortet.

In Zeichen ausgedrückt lautet die Normalformel Brenner's folgendermassen:

KaS Kl . . . . . (Deutlicher Klang)
KaD Kl > . . . (Klang allmälig verschwindend)
KaO — . . . . (Keine Gehörssensation)
AnS — . . . . (ebenso)
AnD — . . . . (ebenso)
AnO kl . . . . (Schwacher und kurzer Klang).

Die durch den elektrischen Reiz erzeugte Gehörssensation ist von verschiedener Art und Intensität je nach der Individualität der Versuchsperson und der Stromstärke. Sie besteht in Summen, Zischen, Rollen, Pfeifen, Klingen etc.; die letztgenannte Sensation, das Klingen, ist die häufigste; in ihrer höchsten Entwickelung wird sie ein heller, von begleitenden Geräuschen ganz oder fast ganz freier, musikalisch bestimmbarer Ton, dessen Höhe

---

1) Untersuchungen pp. pag. 140. — Ich werde mich bemühen, die wichtigsten Punkte der Brenner'schen Lehre nach seinen Angaben in freiem Auszuge möglichst klar wiederzugeben.

2) Die zweite Elektrode wird immer an der Peripherie, z. B. an der Hand der entgegengesetzten Seite aufgesetzt gedacht.

bei verschiedenen Individuen verschieden ist. Manche Individuen nehmen bei anschwellender Stromstärke eine sehr deutliche, vom Summen durch mehrere oder wenigere der genannten Sensationen zum Klingen aufsteigende, regelmässige Scala der Gehörsempfindungen wahr, bei welcher die Sensation von Klängen einer höheren Stromstärke entspricht als die von Geräuschen.

Steigerung der Stromstärke steigert an der Kathode die Höhe des wahrgenommenen Tones, erniedrigt dieselbe dagegen an der Anode.

Bei vom Minimum aufsteigender Stromstärke tritt zuerst die KaS-Reaction, und erst bei weiterer Steigerung auch die AnO-Reaction auf. Bei abnehmender Stärke verschwindet dementsprechend auch die letztere früher als jene.

Die Kathodenschliessungs-Reaction tritt sofort bei der Schliessung der Kette im Maximum ihrer Intensität auf, um von da an während des Schliessens stetig abzunehmen; die Anodenöffnungs-Reaction dagegen bedarf einer gewissen Dauer des Schlusses und versagt leicht, wenn die Oeffnung der Kette zu schnell erfolgt.

Nach der Oeffnung der Kette verharrt der Nerv im Zustande erhöhter Erregbarbeit, so zwar, dass bei bald wiederholter Kathoden-Schliessung eine niedrigere Stromstärke zur Hervorbringung der specifischen Reaction genügt als vorher.

Inducirte Ströme sind nur als einzelne Schliessungs- und Oeffnungsschläge geeignet, Gehörssensation zu erzeugen, jedoch ist der Verlauf der einzelnen Reizmomente (Schluss, Dauer und Oeffnung) so rapid, dass man die Differenzen zwischen denselben nicht studiren kann. Selbstverständlich prävalirt hier wie überall (vgl. oben pag. 75 ff.) der physiologische Effect der Oeffnungsinductionsströme über dem der Schliessungsströme.

Ich übergehe hier die Erörterung der Methode und der Schwierigkeiten des Ohr-Versuches und der dabei auftretenden Nebenerscheinungen, da dieselben in einem späteren Abschnitt, der die Methode der elektrischen Untersuchung behandelt, ausführlicher besprochen werden. Ebenso verschiebe ich die Besprechung der pathologischen Abweichungen auf die betreffende Stelle im pathologisch-therapeutischen Theil.

Hier sei nur noch kurz der Polemik gedacht, welche diese Entdeckung Brenner's hervorgerufen hat.

Bekämpft wurde die Richtigkeit der Resultate der Brenner'schen Ohrversuche zuerst von Schwartze[1]), später von Sycyanko[2]), Bettelheim[3]), Schwanda[4]) und neuerdings von Benedikt[5]). Die von diesen Autoren angezogenen Thatsachen und Raisonnements sind jedoch nicht danach angethan, die Brenner'sche Lehre zu widerlegen. Ueberdiess ist durch die Beobachtungen von Hagen[6]), Eulenburg[7]), Hedinger[8]) und besonders durch die umsichtigen Versuche von Erb[9]) schon genügendes affirmatives Material für die Brenner'sche Theorie herbeigeschafft. Auf die unerquickliche Polemik über die einzelnen in Betracht kommenden Fragen hier einzugehen, erachte ich für überflüssig.

In Betreff der Frage, ob die galvanische Erregung von Gehörssensationen eine Folge directer Einwirkung des Stroms auf den Acusticus und seine Ausbreitungen sei, oder ob es sich hier um Reflexe vom Trigeminus auf den Acusticus, oder gar, wie Benedikt's Theorie lautet, auf die Hörnervengefässe (!) handle, glaube ich mich entschieden für die directe Erregung des Acusticus aussprechen zu sollen, und zwar nicht nur aus den von Brenner und Erb bereits angeführten Gründen, sondern auch durch die Analogie bewogen, welche zwischen dem Modus der Opticus- und Acusticus-Erregung besteht und durch die Ergebnisse meiner Versuche (vgl. oben pag. 37) über die Durchgängigkeit resp. Leitungsfähigkeit des Gehörorgans für galvani-

---

1) Archiv für Ohrenheilkunde Bd. X.

2) D. Archiv f. klin. Medic. III. p. 601.

3) Wiener med. Presse 1868 Nr. 23.

4) Poggendorf's Annalen Bd. 133 p. 622 und Oesterreich. med. Jahrbb. XXIV. p. 163.

5) Wiener med. Presse 1870 Nr. 37—52.

6) Praktische Beiträge zur Ohrenheilkunde, VI. Heft, Leipzig 1869, und Anhang zu Brenner's Untersuchungen Bd. II.

7) Berliner klin. Wochenschrift 1869, 38 und D. Archiv f. klin. Med. Bd. V p. 547.

8) Württemberg. med. Correspondenzblatt XL. Nr. 12.

9) Die galvanische Reaction des nervösen Gehörapparates. Archiv f. Augen- und Ohrenheilkunde Bd. I, p. 156, 1869, und Zur galvanischen Behandlung von Augen- und Ohrenleiden. Ebendaselbst Bd. II Abth. 1, 1871.

sche Ströme, nach denen gar keine Veranlassung besteht, die directe Erregung auch nur für unwahrscheinlich zu erklären und nach anderen Erklärungsversuchen zu suchen.

C. Der Geschmacksnerv.

Die Entdeckung der galvanischen Geschmacksempfindung gebührt, wie es scheint, M. Sulzer[1]), der in der Mitte des vorigen Jahrhunders zuerst den einfachen galvanischen Zungen-Versuch anstellte.

S. erklärt es für unwahrscheinlich, dass eine Lösung des einen oder des andern Metalls durch die Vereinigung derselben entstehe und auf die Zunge einwirke, und kommt zu dem Schluss, dass die Verbindung der Metalle bewirke »une vibration dans leurs particules«, welche Vibration durch Einwirkung auf die Nerven der Zunge die Geschmacksempfindung errege.

Sulzer ist also der eigentliche Entdecker der Thatsache, aber erst Volta[2]) fand die richtige Erklärung und zeigte, dass die Geschmacksempfindung nicht nur bei Application eines einzelnen Plattenpaares, sondern noch stärker durch die Säule entstehe, und dass dieselbe auch während des Geschlossenseins der Kette fortdauere.

Volta stellte den Geschmacksversuch auch in folgender Weise an. Er brachte mehrere Personen derart mit einander in leitende Verbindung, dass jeder nur mit einer Fingerspitze die Zunge seines Nachbars zur Rechten berührte. Wurde nun die Kette auf der ersten und letzten Person geschlossen, so verspürte jeder Einzelne den galvanischen Geschmack.

Die Geschmacksempfindung entsteht aber nicht blos bei

---

1) Recherches sur l'origine des sentiments agréables et désagréables. Histoire de l'Académie des Sciences et belles Lettres de Berlin (Année 1752) 1754 p. 356.

Si l'on joint deux pièces, une de plomb et l'autre d'argent, de sorte que les deux bords fassent un même plan, et qu'on les approche sur la langue, on en sentira quelque goût, assez approchant au goût du Vitriol de fer, pendant que chaque pièce à part ne donne aucune trace de ce goût.

2) Collezione dell' opere pp. Firenze 1816, T. II. P. 1 p. 158.

directer Berührung der Zunge, sondern auch beim Aufsetzen der Elektroden auf die Wangen, ja selbst auf noch entlegenere Punkte, z. B. Nacken, Rücken.

Begünstigend scheinen auch für das Zustandekommen der galvanischen Geschmackssensation geringe Leitungswiderstände der Bedeckungen, vor Allem Feinheit der Epidermis zu sein, welche manchen Personen eigenthümlich ist.

Im Betreff des Wesens der Geschmacksempfindung stehen sich verschiedene Ansichten gegenüber. Die nächstliegende, aber nicht wahrscheinlichste Erklärung ist die physikalisch-chemische, nach welcher die Geschmacksempfindung lediglich das Resultat der Elektrolyse der Mundflüssigkeit und ihrer Salze sei, wobei die Geschmacksnerven am positiven Pol die Anionen, d. h. die frei werdenden Säuren, (Chlorwasserstoffsäure, Kohlensäure) wahrnehmen, am negativen Pol aber die Kationen, nämlich die Alkalien (Kali und Natron).

Eine zweite Ansicht ist von Schönbein[1]) aufgestellt dahin gehend, dass durch den galvanischen Strom aus der atmosphärischen Luft abgeschiedener Stickstoff und Sauerstoff sich zu Salpetersäure verbinde, welche die Ursache des sauren Geschmackes sei.

Die dritte, fast allgemein von den Physiologen vertretene Ansicht ist die, dass der Geschmacksnerv, gleich dem Sehnerven, Hörnerven und den Gefühlsnerven auf die galvanische Erregung mit seiner specifischen Energie, d. h. mit Geschmacksempfindung, antworte. Die Letztere scheint übrigens nicht bei allen Individuen gleich zu sein.

Zahlreiche Momente zwingen uns, die beiden zuerst erwähnten Auffassungen als unberechtigte auszuschliessen.

Die Schönbein'sche Theorie scheitert sofort an der Unmöglichkeit, mittelst derselben den alkalischen Geschmack zu erklären; auch wäre es doch geradezu abstrus, wenn man annehmen wollte, dass z. B. bei der Application der Elektroden im Nacken oder am Rücken im geschlossenen Munde soviel atmosphärischer Stickstoff und Sauerstoff frei werden und sich zu Salpeter-

---

1) Ueber einige mittelbare physiologische Wirkungen der atmosphärischen Elektricität. Zeitschrift für rationelle Medicin 1851 p. 385.

säure verbinden sollte, dass man sie schmecke, und dies noch dazu bei Strömen von so ausserordentlich geringer Intensität.

Die elektrolytische Theorie, der Forscher wie E. H. Weber u. A. beigetreten waren, ist neuerdings vorzüglich durch J. Rosenthal[1]) auf ihre Stichhaltigkeit geprüft und durch schlagende Versuche widerlegt worden. Rosenthal wies durch Prüfung mit Reagenspapier nach, dass die Wahrnehmung des sauren und alkalischen Geschmackes vorhanden sein könne, wenn noch jedes Zeichen der Elektrolyse der Mundflüssigkeit, speciell die Reaction auf Lackmuspapier an den Elektroden fehle. Auch der Einwurf, dass durch die Polarisation eine Abscheidung der Jonen nicht blos an den Elektroden, sondern auch an der Grenze der Elektrolyten stattfinden könne, widerlegt R. — Der Versuch, dass die Zunge auch dann eine saure Geschmacksempfindung wahrnimmt, wenn sie der positive Pol in Form einer alkalischen Flüssigkeitssäule in zinnernem Becher berührt, dieser Versuch ist schon von Volta angestellt und von Pfaff und später von J. Rosenthal bestätigt worden.

Ich möchte endlich besonderes Gewicht legen auf die Möglichkeit einer Erregung der galvanischen Geschmacksempfindung von sehr entfernten Regionen aus, z. B. wenn beide Elektroden am Rücken oder an den Armen aufstehen, von wo aus eine Elektrolyse der Mundflüssigkeit undenkbar ist; ferner auf die langdauernde Nachempfindung der galvanischen Geschmackswahrnehmung, welche bei manchen Personen nach der Galvanisation am Halse oder Kopfe stundenlang fortbesteht — ein Umstand, der sich ebenfalls mit der elektrolytischen Theorie nicht vereinigen lässt, da nach dem Oeffnen der Kette die frei gewordenen Jonen doch binnen weniger Minuten durch die Mundflüssigkeit diluirt und hinweggeschafft sein würden.

Es bleibt uns hiernach kaum ein Zweifel, dass die Annahme einer galvanischen Erregung der specifischen Energie der Geschmacksnerven die allein richtige ist.

D. Der Geruchsnerv.

Von dem Modus und dem Effect der elektrischen Erregung

---

1) Ueber den elektrischen Geschmack. Archiv für Anatomie und Physiologie pp. 1860 p. 217 ff.

des Geruchsnerven ist am wenigsten bekannt. Die älteren Versuche hatten theils ein negatives (Volta), theils ein unzuverlässiges (Ritter) Resultat. Neuere Beobachter, wie J. Rosenthal[1]) u. A., versuchten auf dem noch am meisten Erfolg versprechenden Wege, nämlich mittelst Anfüllung der Nasenhöhle mit Wasser und Einsenkung der Elektrode in letztere, zu einer bestimmten Geruchswahrnehmung zu gelangen, allein ohne Erfolg: die schmerzhaften Empfindungen von Seite der gleichzeitig gereizten Trigeminus-Endigungen auf der Nasenschleimhaut verdunkeln jede etwaige Geruchsempfindung.

Von den bisher angegebenen Geruchswahrnehmungen, welche bald als sauer, bald als ammoniakalisch (Ritter) beschrieben wurden, müssen wir die Geruchswahrnehmung des freien Ozons trennen, welches bei der Einwirkung des elektrischen Funkens auf den atmosphärischen Sauerstoff entsteht. Der Ozongeruch hat etwas Phosphorähnliches; man kann ihn am besten an der Holtz'schen Influenzmaschine studiren, wo die Menge des an den Polknöpfen gebildeten Ozons sehr beträchtlich ist.

Diese Geruchswahrnehmung ist natürlich von einer etwaigen specifisch-galvanischen Geruchsempfindung ganz zu trennen. Schönbein hat zwar (l. c.) die letztere auf die erstere zurückführen wollen, allein die Behauptung, dass sich bei Galvanisirung des Geruchsorgans eine genügende Menge Ozons entwickle, um gerochen zu werden, ist ganz hypothetisch.

Gehirn.

Das Gehirn kann, wie wir oben (pag. 36) gesehen haben, vermöge seines hohen Wassergehaltes und seiner gleichmässigen Structur und Durchfeuchtung als das bestleitende Organ des Körpers betrachtet und mit den Bulbi auf eine Stufe gestellt werden. Dass die galvanische Erregung der Retina bei Application schwächster allmählig anwachsender galvanischer Ströme am Kopfe viel früher eintritt als die des Gehirns, beruht in der oberflächlichen Lage der Bulbi und der guten Leitungsfähigkeit ihrer nächsten Umgebung. Das Gehirn ist dagegen in eine feste Knochenkapsel eingeschlossen, welche ihrerseits nicht nur stärkeren Leitungs-

1) l. c. p. 223.

widerstand bietet, sondern auch noch von Weichtheilen mit grossen Widerständen (Kopfschwarte, Galea, Haare) überzogen ist. Trotzdem kann nach den oben (pag. 25—35) mitgetheilten Versuchen von Erb, Burckhardt und mir nicht mehr daran gezweifelt werden, dass bei der Application des galvanischen Stromes an den Kopf erhebliche Stromzweige durch das Gehirn gehen, dass die Intensität derselben auf der geraden Linie zwischen den Polen am grössten ist und dass ihre Richtung sich mit der Wendung des Hauptstromes umkehrt.

Als die Wege, auf denen der Strom zum Gehirn gelangt, müssen einerseits die Gefässverbindungen zwischen dem Periost resp. den übrigen Weichtheilen, welche die äussere Schädelfläche bedecken, und den Markräumen sowie der Dura mater angesehen werden; andererseits glaube ich auch Angesichts der trefflichen Leitungsfähigkeit der Bulbi den Weg durch die Orbitae als mögliche Strombahn bezeichnen zu müssen.

Als die Stellen, welche den Strom am leichtesten zum Gehirn treten lassen, werden von den Elektrotherapeuten die Fossa auriculomaxillaris, der Processus mastoideus und die Hinterhauptsnackengegend bezeichnet. Der Grund dieser Thatsache, welche Jeder, der an seinem Schädel mit galvanischen Strömen experimentirt, als richtig bestätigen wird, liegt theils in der feinen Epidermis und der Haarlosigkeit dieser Hautpartien, theils aber wohl — und darauf möchte ich besonders aufmerksam machen — in dem Vorhandensein einiger zur Leitung des Stromes nach innen sehr geeigneter Flüssigkeitsbahnen. Es geht nämlich durch das Foramen mastoideum nicht nur eine ansehnliche Vene, welche den queren Blutleiter mit den Venae auriculares posteriores in Verbindung setzt, heraus, sondern auch die Art. meningea postica in den Schädel hinein. In der Nackenregion besteht eine Verbindung zwischen dem Sinus transversus und der Vena cervicalis profunda resp. dem Venengeflechte der oberen Nackenregion vermittelst einer Vene, welche durch das Foramen condyloideum posticum verläuft [1]).

---

1) Vgl. Luschka, Anatomie des Menschen Bd. III, 2 (Kopf) p. 154 ff.

Hauptsymptom der galvanischen Erregung des Gehirns ist der Schwindel, welcher sofort mit dem Schlusse der Kette eintritt und während des Stromfliessens fortdauert [1]. Die Störung des Gleichgewichts ist nicht blos eine subjective, sondern auch objectiv wahrnehmbar und demonstrirbar. Brenner bediente sich bei seinen Schwindelversuchen des von Immermann [2]) benutzten, auf dem Kopf befestigten Pinsels, welcher die Bewegung des Kopfes und Rumpfes auf einer über dem Kopf horizontal hängenden berussten Tafel aufzeichnete. Diese Versuche zeigten, dass die wirkliche geschehende Excursion des Kopfes nach der einen Seite hinter dem Schwindelgefühl weit zurückbleibt.

Die Neigung des Rumpfes beim Schwindel geht immer nach der Seite hin, wo die Anode steht.

Die Neigung des Kopfes und Rumpfes wächst nach Brenner, nachdem sie mit dem Kettenschluss eingetreten ist, in den ersten Secunden der Dauer des Stromdurchganges noch erheblich, um bei längerer Dauer allmälig und zwar nicht unerheblich abzunehmen.

Bei der Oeffnung der Kette tritt ebenfalls ein kurzer Schwindel, wobei die Schwankung des Kopfes nach der Seite der Kathode geht, ein (Brenner) [3], derselbe ist jedoch nur bei Personen, welche sehr zum galvanischen Schwindel disponirt sind, nachweisbar.

Bei der Stromwendung verdoppelt sich der Schwindel und der Körper neigt sich im Momente der Commutation nach der entgegengesetzten Seite hin.

Von Wichtigkeit für die Entstehung des Schwindels ist die Stellung der Elektroden. Die günstigste Stellung für die Erzielung des Schwindels nehmen die Elektroden dann ein, wenn die eine auf der rechten, die andere auf der linken Schädelhälfte (am Process. mastoideus) steht. Ueberschreitet die eine Elektrode die Mittellinie des Schädels in der Richtung nach der anderen Elektrode, so hört der Schwindel auf (Brenner).

Bei zum Schwindel geneigten oder ohnehin an demselben leidenden Personen, z. B. bei Gehirnkranken, dauert der Schwindel

---

1) Vgl. Brenner, Untersuchungen Bd. I p. 75 ff.
2) D. Archiv f. klin. Medicin Bd. I p. 595 ff.
3) Untersuchungen Bd. II p. 80.

nach dem Oeffnen der Kette noch längere Zeit fort, sodass sie nur unterstützt sich vom Platze bewegen können und einige Zeit horizontal gelagert ausruhen müssen.

Mit dem Schwindel geht häufig auch ein geringerer oder höherer Grad von Betäubung, sodann Hinterhauptschmerz und Uebelkeit, der sich bis zum Erbrechen steigern kann, einher. Bei höheren Graden der Stromstärke sollen auch Ohnmachten und Convulsionen beobachtet worden sein.

Inductionsströme, auch wenn sie in grosser Stärke auf die Seitentheile des Schädels eingeleitet werden, haben keine Schwindelempfinduugen (oder doch nur sehr schwache und zwar blos bei sehr zum Schwindel neigenden Personen) zur Folge.

Althaus[1]) theilt auf Grund der schon oben (pag. 126) erwähnten Beobachtuug an seinem Kranken mit doppelseitiger Trigeminus-Auästhesie, an dem sich von dem Gebiete des anästhetischen Trigeminus aus keine Gehirnerscheiuung, insbesondere kein Schwindel durch Galvanisirnug hervorrufen liess, die von mir in Vorstehendem vertreteue Auffassuug, dass es sich um einfache physikalische Fortleitung des Stromes zum Gehirn und um directe galvanische Erreguug des letzteren handle, nicht, soudern hält die Trigemiuusfasern für die Bahnen, auf denen die Erregung zum Gehirn geführt wird. Nach Althaus wäre also der Modus der Gehirn-Erregung ein physiologischer, nicht ein physikalischer.

Ich habe schon früher (pag. 127) gegen die Beweiskraft dieser pathologischen Beobachtung für die reflectorische Erregung des Opticus geltend gemacht, was ich hier in derselben Weise wiederholen muss, dass nämlich die Beobachtung vou Althaus nicht vollständig genug ist, um die zahlreichen für die directe (physikalische) Erregung des Gehirns und der Sinnesnerven sprechenden Momente zu entkräften. Insbesondere fehlt der Beweis ex post, der Nachweis der Wiederkehr der normalen Reaction des Gehirns, des Seh- und Geruchsnerven auf den galvanischen Strom nach Heilung der Trigeminus-Anästhesie; denn ohne dieses nachträgliche Beweismoment bleibt der Einwurf, dass hier eiue ungewöhnliche Dicke der Epidermis, grosse Torpidität der Sinnesnerven, eine Unempfindlichkeit des Gehirns gegen galvanische

1) D. Archiv f. klin. Medicin Bd. VII p. 563 ff. und A Treatise on medical electricity II. Edit. 1870 p. 137 ff.

Ströme, kurz individuelle Abnormitäten vorgelegen haben, unwiderlegt.

Einer Erwähnung bedürfen hier die neuerdings von Hitzig[1]), sowie von Hitzig und Fritsch[2]) veröffentlichten Beobachtungen über die Erregbarkeit des Grosshirns durch von aussen am Schädel eingeleitete elektrische Ströme.

Bekanntlich besteht in der Physiologie des Nervensystems seit mehr denn einem Jahrhundert der Satz von der Unerregbarkeit der Grosshirnhemisphären gegen Reize aller Art, besonders gegen elektrische, unangefochten gleich einem Axiom.

Die einzigen namhaften Autoren, welche durch Verletzungen der Marksubstanz des Grosshirns convulsivische Bewegungen hervorgerufen haben wollen, waren Haller und Zinn[3]). Ihre Angaben wurden von den späteren Experimentatoren als auf Versuchsfehlern beruhend bezweifelt. Alle späteren Forscher, unter denen Longet[4]), Magendie[5]), Flourens[6]), Matteucci[7]), Van Deen[8]), Ed. Weber[9]), Budge[10]), Schiff[11]), also die her-

---

1) Ueber die galvanischen Schwindelempfindungen und eine neue Methode galvanischer Reizung der Augenmuskeln. Verhandlungen der Berl. med. Gesellschaft. Berl. klin. Wochenschrift Bd. VII, 1870, Nr. 11.
Ueber elektrische Erregbarkeit des Grosshirns. Berlin. klin. Wochenschrift 1870 Nr. 19.

2) Fritsch und Hitzig, Ueber die elektrische Erregbarkeit des Grosshirns. Archiv f. Anatomie, Physiologie pp. 1870 p. 300 ff.

3) Haller und Zinn, mémoires sur la nature sensible et irritable du corps animal. Lausanne 1756, T. I p. 201 ff.

4) Leçons sur les fonctions et les maladies du système nerveux. Paris 1839, Tom. I p. 175.

5) Anatomie et Physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertébrés. Paris 1842, Tom. I p. 644.

6) Recherches experimentales sur les propriétés et functions du système nerveux pp. Paris 1842.

7) Traité des phénomènes électrophysiologiques des animaux. Paris 1843, p. 242.

8) Moleschott, Untersuchungen zur Naturlehre pp. Bd. VII, p. 381.

9) Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Band III, 2 p. 16. Artikel Muskelbewegung.

10) Untersuchungen über das Nervensystem, 1842, Heft I p. 84.

11) Lehrbuch der Physiologie des Menschen Bd. I p. 362.

vorragendsten Experimental-Physiologen sich befinden, läugnen die Möglichkeit einer Erregung von Bewegungen durch Reizung der Grosshirnhemisphären.

In schroffem Gegensatze zu diesen allgemein als unanfechtbar betrachteten Sätzen stehen nun die Resultate der von Hitzig und Fritsch angestellten Versuche. Dieselben reizten die Oberfläche des Gehirns von Hunden und Kauinchen, nachdem das Schädeldach entfernt war, mit einem galvanischen Strom aus Siemens'schen Elementen, dessen Intensität so gering war, dass er gerade nur eine Gefühlssensation auf der Zunge hervorrief, und mittelst zweier in Knöpfchen auslaufender Platindraht-Elektroden. Die Haupt-Resultate waren folgende: Ein Theil der Convexität des grossen Gehirnes beim Hunde ist motorisch (dieser Ausdruck im Sinne von Schiff gebraucht), ein anderer Theil ist nicht motorisch. Der motorische Theil liegt, allgemein ausgedrückt, mehr nach vorn, der nicht motorische liegt nach hinten. Durch elektrische Reizung des motorischen Theils erhält man combinirte Muskelcontractionen der gegenüberliegenden Körperhälfte.

Die Möglichkeit isolirter Erregung einer begrenzten Muskelgruppe ist bei Anwendung ganz schwacher Ströme auf sehr kleine Stellen (Centra) beschränkt, deren Lage von den Autoren genau angegeben wird. Constant war bei den Versuchen das Vorwiegen der Anode, was die Energie des Reizeffectes anlangt. — Bei der Reizung mit tetanisirenden Inductionsströmen erschien der Reizeffect nicht ganz so constant wie bei Anwendung des constanten Stromes. — Mit der Verblutung sinkt die Erregbarkeit des Gehirns ungemein schnell und erlischt schon vor dem Tode fast ganz.

Die vorstehenden physiologischen Untersuchungen, welche, wie es scheint, bisher von anderer Seite noch nicht wiederholt wurden, nahmen ihren Ausgang von bestimmten Beobachtungen Hitzig's am Menschen. Galvanisirte H. den Kopf in der Weise, dass die Elektrode zwischen Proc. mastoideus und Ohrläppchen stand, so entstanden leicht unwillkührliche Bewegungen der Bulbi, welche ihrer Natur nach — weil combinirt und Muskeln mit verschiedenen motorischen Nerven umfassend — nur durch directe Erregung cerebraler Centren entstanden gedacht werden können.

Hier lag es am Nächsten, an die Vierhügel zu denken[1]), allein die Vermuthung, dass es sich um Reizung derselben handele, musste H. zurückweisen, als es ihm gelang, auch von der Schläfengegend aus bei der Anwendung gewisser, die Erregbarkeit erhöhender Kunstgriffe die Bewegungen der Bulbi auszulösen. In welcher Beziehung die stets entstehenden Schwindelempfindungen zu diesen Augenmuskel-Contractionen stehen, bleibt fraglich. — Die Zahl der zu diesen Versuchen benutzten Siemens-Elemente schwankte zwischen 10 und 20.

Wir müssen uns damit begnügen, diese interessanten, von Hitzig und Fritsch veröffentlichten Versuchsergebnisse hier einfach zu registriren, da sie zu weiteren Schlussfolgerungen noch nicht berechtigen.

Rückenmark.

Die oben (pag. 37) aufgeführten Versuche von Erb, Burckhardt und mir machen es in hohem Grade wahrscheinlich, dass es beim lebenden Menschen möglich ist, Stromschleifen durch das Rückenmark zu senden. Dafür, dass dies wirklich bei den von den Elektrotherapeuten angewandten Methoden der Galvanisirung erreicht wird, fehlt es uns freilich bisher an stringenten Beweisen, da wir hier keine derartigen Störungen zu beobachten haben, wie bei der Durchleitung des Stromes durchs Gehirn (Schwindel, Betäubung, Uebelkeit pp.). Erschwerend ist jedenfalls für die Galvanisirung des Markes die dicke Schicht von Weichtheilen und Knochen, welche die Elektroden von der Medulla trennt, nicht minder auch der Umstand, dass man der Wirbelsäule nur von einer Seite (nicht von zwei Seiten, wie dem Schädel) beikommen kann. Dafür ist aber der Umstand wieder günstig, dass wir am Rücken durch nichts gehindert sind, hohe Stromintensitäten in Anwendung zu ziehen.

Die oben angeführten Versuche machen die Annahme, dass es auch am Lebenden möglich sei, das Rückenmark direct zu elektrisiren, um so wahrscheinlicher, je mehr ihnen klinische Beobachtungen zur Seite stehen.

---

1) Vgl. die Untersuchungen von Adamük über die Innervation der Augenbewegungen. Centralblatt f. d. medic. Wiss. 1870, Nr. 5, p. 65.

Von den letzteren kommen vorzugsweise folgende in Betracht.

Man kann an einzelnen dazu geeigneten Personen durch Einleiten eines kräftigen galvanischen Stromes (24—30 S. Ell.) an den oberen Brust- und mittleren Lendenwirbeln mittelst grosser Elektroden und Zuhülfenahme wiederholter Stromwendungen Contractionen in den vom Nervus ischiadicus innervirten Oberschenkelmuskeln hervorrufen, wenn der Strom absteigend ist, d. h. wenn die Kathode auf dem Lendenwirbeln steht. Die anatomischen Verhältnisse lassen es kaum bezweifeln, dass hier eine Erregung der im unteren Rückenmarkskanal abwärts verlaufenden (später ausserhalb des Wirbelkanals zum Plexus ischiadicus zusammentretenden) Nervenstränge stattfindet (Erb).

In derselben Weise lassen sich Sensationen in den Unterschenkeln, Fusssohlen und Zehen erzielen, wenn die Kathode auf den Lendenwirbeln steht. Die Anode kann hierbei ihren Platz wechseln, ohne dass sich dadurch die Erscheinung ändert. Bei Aenderung der Stromrichtung vermindern sich dagegen diese excentrischen Erscheinungen oder bleiben ganz aus (Brenner).

Oefter und deutlicher lassen sich diese Phänomene durch Inductionsströme erzielen, wenn die Kathode (der Oeffnungsströme) auf den Lendenwirbeln steht (Brenner).

Aus diesen Versuchen geht nur hervor, dass der elektrische Strom bei genügender Intensität höchst wahrscheinlich bis in den Wirbelkanal des Lebenden eindringen kann.

Für eine directe Einwirkung des Stroms auf die Medulla spinalis sprechen vorläufig nur die oft überraschenden (wenn auch gewöhnlich bald vorübergehenden) Besserungen der Innervation bei motorischen und sensiblen Paralysen und Paraparesen, bei Tabes etc. Ferner die wenn auch nicht häufigen so doch ganz zweifellos constatirten dauernden Veränderungen zum Günstigen bei Rückenmarksleiden verschiedener Art, besonders bei Tabes.

Weitere Studien werden uns über diese wichtige Frage, ebenso wie über die Frage nach der Einwirkung des elektrischen Stroms auf Gehirn und Sympathicus mehr Klarheit verschaffen müssen.

Sympathicus.

Die Frage von der elektrischen Erregung des N. sympathicus beim Menschen ist kaum aus dem Stadium der Hypothese herausgetreten. Manche Elektrotherapeuten sind freilich auf dem Wege des Rückschlusses aus therapeutischen Beobachtungen mit Hülfe einer lebhaften und geschäftigen Phantasie schon soweit gelangt, dass sie eine vollständige Elektropathologie und -Therapie des Sympathicus aufstellen konnten. Eine nüchterne Untersuchung der Sachlage zeigt uns aber, dass über die Möglichkeit und zweckentsprechende Methode der Reizung des Sympathicus sowie über die Effecte einer solchen Procedur unter physiologischen und pathologischen Verhältnissen noch grosse Zweifel bestehen.

Die Wichtigkeit der Frage macht eine eingehendere Erörterung der derzeitigen Sachlage nöthig.

Vom ganzen System des Sympathicus liegt der Halstheil mit seinen Ganglien am erreichbarsten, und auf ihn haben sich deshalb auch die Bemühungen der Autoren die Wirkung des elektrischen Stromes am Sympathicus des Menschen zu studiren, vor Allem gerichtet.

Die Physiologie betrachtet, was die im Halstheil des Sympathicus verlaufenden Fasern anbetrifft, als nachgewiesen [1]: Vasomotorische Fasern für die betreffende Kopfhälfte, motorische Fasern für den N. dilatator pupillae, secretorische Fasern für die Speicheldrüsen und die Thränendrüse, beschleunigende Fasern für das Herz, erregende Fasern für das Herzhemmungssystem und für das Gefässcentrum.

Von diesen Fasern sind es vor Allen die zum Dilatator pupillae ziehenden, von deren elektrischer Reizung man sich gleich wie beim Thierexperiment so auch beim Menschen einen unmittelbaren Effekt, nämlich eine deutliche und messbare Erweiterung der Pupille der betreffenden Seite versprach.

Die Funktionen der übrigen obengenannten Sympathicus-Fasern liessen von vorneherein den Effekt ihrer Reizung, falls

1) vgl. Hermann, Grundriss der Physiologie des Menschen. III. Aufl. 1870. pag. 445.

ein solcher überhaupt einträte, nicht prägnant und beweiskräftig genug erscheinen. Die Erregung der vasomotorischen Fasern für die betreffende Kopfhälfte liess — abgesehen von der Pupillen-Erweiterung — noch am ehesten einen erkennbaren und als Massstab brauchbaren Reizeffect erwarten, nämlich anfängliche Verengerung des arteriellen Stromgebietes an der betreffenden Kopfhälfte und bei fortgesetzter Reizung durch Umschlag in (vorübergehende) Paralyse Erweiterung der Gefässe, energischere Pulsation der Arterien, und stärkere Füllung der Capillaren, wie dies an den kleinsten Gefässen und Gefässnerven der Haut nach längerer Elektrisirung beobachtet wird. Nachdem wir aber gerade an der Haut (vgl. oben pag. 46—48) uns überzeugt haben, wie kurzdauernd das Stadium der Gefässverengerung (Ischämie mit Gänsehaut) ist und wie rasch die Fortsetzung der Reizung Erschlaffung und Erweiterung der Gefässe mit intensiver Capillarhyperämie (vermuthlich durch eine lähmungsartige Erschlaffung der vasomotorischen Fasern) eintritt, können wir auch bei der Elektrisirung des Halssympathicus ein Stadium der Gefässverengerung, wenn überhaupt, so doch nur von kurzer Dauer erwarten und als rasch eintretendes Hauptphänomen die Gefässerweiterung mit Klopfen der grossen Arterien, Röthung der Haut und Schleimhäute auf der betreffenden Kopfhälfte, Temperatursteigerung und Gefühl von Hitze präsumiren.

Was nun an Versuchen am Menschen in dieser Richtung angestellt und was an Beobachtungen gemacht wurde, ist Folgendes:

Gerhardt [1]) giebt zuerst an, dass er vom Halssympathicus aus bei Kranken wie bei Gesunden Pupillenerweiterung sowohl mittelst des constanten als des unterbrochenen Stromes bewirkt habe. Gerhardt setzte die negative Elektrode bei diesen Versuchen zwischen Unterkieferwinkel und Sternocleidomastoideus, die positive an den Gaumenbogen derselben Seite auf und suchte beide durch leichten Druck einander zu nähern.

Diese Mittheilung von Gerhardt ist indessen nur eine gelegentliche und aphoristische.

---

1) Zur Casuistik der Hirnkrankheiten. Jenaische Zeitschrift f. Med. u. Naturw. Bd. I. p. 200. 1864.

A. Eulenburg und H. Schmidt [1]) unterzogen diese Frage einer Reihe methodischer Versuche am Menschen. Diese Autoren constatirten zunächst beim Versuch, das Gangl. cervicale sup. zu galvanisiren (An auf Manubr. sterni, Ka hinter dem Angul. maxill. inf., 20—40 Ell.) beim Kettenschluss eine minimale Erweiterung der Pupille auf der betreffenden Seite, meist nur mittelst des Giraud-Teulon'schen Pupilloscops nachweisbar, worauf bei geschlossener Kette eine allmälig zunehmende Verengerung folgte. Gelingt der Versuch nicht sogleich, so gelingt er doch nach wiederholter Schliessung und Oeffnung.

Der Effekt der Kettenöffnung ist ein sehr ungleicher, bald Vergrösserung bald Verkleinerung bald gar keine merkliche Alteration der Pupillenweite.

Diese Erscheinungen werden bei umgekehrter Stromrichtung viel inconstanter und verschwinden gewöhnlich beim Hinwegrücken mit der oberen Elektrode von der dem Ganglion cervicale superius entsprechenden Stelle. Bei symmetrischer Application beider Elektroden hinter und unter dem Angul. maxill. inf. kam die Veränderung der Pupille auf dem der Ka entsprechenden Auge stärker und constanter zur Wahrnehmung.

Nach längerer Einwirkung eines möglichst kräftigen aufsteigenden Stromes (Sternum, Fossa auriculomaxillaris) sinkt die Pulsfrequenz (um 4—16 Schläge) und die Spannung der Carotis; letzteres graphisch durch den Sphygmographen nachweisbar (als geringere Höhe und Schrägliegen der Ascensionslinie, plateauförmige Abflachung der Gipfelzacke, flaches Abfallen der Descensionslinie). Auch an der Radialis ist eine geringere Höhe und schrägere Richtung der Ascensionslinie nachweisbar. Eulenburg und Schmidt schliessen hieraus auf eine allgemeine Wirkung (Verlangsamung und Schwächung der Herzaction) und auf eine örtliche Einwirkung auf die im Halssympathicus verlaufenden vasomotorischen Nervenfasern des Kopfes, wodurch der arterielle Tonus im Stromgebiet der Carotis vermindert und der Blutdruck in der letztern erheblich herabgesetzt wird.

Ein starker von der Halswirbelsäule zum Plexus brachialis

---

1) Untersuchungen über den Einfluss bestimmter Galvanisationsweisen auf die Pupille, die Herzaction und den Gefässtonus beim Menschen. Centralblatt f. d. med. Wiss. 1868. Nr. 21 u. 22.

(An über den unteren Halswirbeln) Ka auf der Austrittsstelle des Plex. brachialis in der Fossa supraclavicul.) absteigender Strom erzielt nach einiger Zeit eine geringere Abnahme der Pulsfrequenz (4—10 Schläge p. Min.) und der Spannung. Letztere durch den Sphygmographen gezeichnet entspricht ganz der oben beschriebenen Pulscurve an der Carotis. Bei längerem Geschlossensein der Kette nähern sich Pulsfrequenz und Pulscurve wieder dem Normal.

Ein Abnehmen der Pulsfrequenz trat ferner ein bei symmetrischer Application beider Elektroden hinter den Angulis max. inf., sowie bei Galvanisation längs der Wirbelsäule mit einem starken absteigenden Strom (40—60 S. Elemente) selbst in der unteren Dorsalzone. In diesen Fällen lässt jedoch die Radialcurve keine wesentlichen Veränderungen wahrnehmen.

Bei starker elektrischer Hautreizung mittelst des faradischen Pinsels an der Peripherie z. B. am Oberschenkel wird zuerst Beschleunigung, dann Verlangsamung der Herzcontractionen und Abnehmen der Herzarbeit mit den entsprechenden graphischen Veränderungen des Radialpulses beobachtet.

Eulenburg und Schmidt ziehen aus ihren Versuchen das Gesammtergebniss, dass bestimmte Galvanisationsmethoden erstens mehr allgemein auf die Innervationsverhältnisse des Herzens, und zweitens mehr weniger localisirt auf den arteriellen Tonus verändernd und zwar Frequenz, Druck und Spannung herabsetzend wirken. Die Wirkung auf das Herz führen die Verfasser auf eine reflektorische Erregung der Nervi vagi zurück.

Etwa gleichzeitig mit den oben genannten Autoren veröffentlichte M. Meyer[1]) Beobachtungen über galvanische Reizung des Hals-Sympathicus, nach denen er die Gerhardt'sche Beobachtung (vgl. pag. 146), die Erweiterung der Pupillen betreffend, bestätigte und ausserdem noch fand, dass, wenn er die Ka über den Gangl. cervicale suprem. aufsetzte und die An an den Proc. transversus des VII. Halswirbels (an der entgegengesetzten Seite) applicirte, die Temperatur des Armes, auf dessen Seite die Ka stand, sich subjectiv und objectiv (auch thermometrisch nachweisbar) steigerte und an der Handfläche und den Fingerspitzen der Schweiss sichtbar hervorquoll.

---

1) Ueber die therapeut. Erfolge der Galvanisirung des Sympathicus. Vorträge Berliner klin. Wochenschrift 1868. Nr. 23. und 1870, N. 22.

Weitere methodische Versuche am Gesunden sind bisher, soviel ich weiss, nicht angestellt.

Es kann nach dem Bisherigen sowie nach den oben (pag. 38) angeführten Versuchen von Burckhardt und mir wohl kaum zweifelhaft sein, dass die anatomischen und physikalisch-physiologischen Verhältnisse die Treffbarkeit des Sympathicus, wenigstens am Halse gestatten. Es wäre nun die Aufgabe weiterer experimenteller Studien, die Reaction des Halssympathicus gegen beide Stromesarten festzustellen. Dass solchen Versuchen grosse technische und physiologische Schwierigkeiten im Wege stehen, liegt auf der Hand. Insbesondere ist es die Vieldeutigkeit und Complicirtheit der Erscheinungen, welche die Verwerthung derselben in einer bestimmten Richtung erschweren. Eine Erweiterung der Pupillen, welche so geringgradig ist, dass sie nur mit Hülfe des Pupilloscops nachgewiesen werden kann, dürfte doch nur im Zusammenhalt mit anderen Phänomenen als Ausdruck gelungener Sympathicus-Reizung zu betrachten sein. Wir müssen insbesondere erwägen, dass nach Bernards und Westphals Versuchen schon eine starke Reizung irgend welcher sensibler Nerven genügt, um reflectorisch Pupillen-Erweiterung hervorzurufen — und dass eine Erregung sensibler Nerven bei der Galvanisation mit starken Strömen (20 — 40 S. Ell.) am Halse unvermeidlich ist, liegt auf der Hand.

Andererseits ist die von Eulenburg und Schmidt angewandte sphygmographische Prüfung der Veränderungen an der Pulscurve, während die vasomotorischen Nerven unter dem Einflusse des galvanischen Stromes stehen, nicht blos schwierig und grosse Uebung erfordernd, sondern auch leicht zu Täuschungen führend, insofern theils die Untersuchungsmethode selbst eine Reihe von Fehlerquellen in sich schliesst, theils jene Einflüsse, welche beim Menschen verändernd auf die Innervation des Circulationsapparates insbesondere auf Arterienspannung und Blutdruck, einwirken, nur zum Theil ausgeschlossen werden können. Nur dann, wenn die Versuche, unter denselben Bedingungen oft und von verschiedenen Experimentatoren (deren Sicherheit in dergleichen Untersuchungen vorausgesetzt wird) wiederholt, constant dieselben Resultate ergeben, kann von einem sicheren Ergebnisse die Rede sein.

Die Wichtigkeit der Sache veranlasste mich schon vor

5 Jahren, in der von Eulenburg und Schmidt eingeschlagenen Richtung eine grössere Reihe von Versuchen anzustellen; die Ergebnisse waren wohl positiv, aber nicht ganz constant. Die Versuche von Eulenburg und Schmidt veranlassten mich neuerdings, die Sache wieder aufzunehmen. Meine Versuche sind indessen noch nicht vollständig abgeschlossen, weshalb ich mir vorbehalte, die Sympathicusfrage im II. Theile noch einmal vom physiologischen, pathologischen und therapeutischen Gesichtspunkte aus im Zusammenhange abzuhandeln.

Die Organe der Brust- und Bauchhöhle.

Meine oben (pag. 38) mitgetheilten Versuche über die Verbreitung von Zweigströmen durch die inneren Organe von Leichen bei Einleitung galvanischer Ströme durch die unverletzte Haut gestatten die Annahme, dass auch am Lebenden bei zweckmässiger Aufstellung der Elektroden und genügender Stromstärke Zweigströme durch die inneren Organe zu leiten sind. Ob überhaupt und unter welchen Bedingungen die Letzteren physiologische Wirkungen entfalten, ist indessen wenigstens für die Organe der Brusthöhle unbekannt. Ich sehe hierbei ab von der directen Elektrisirung des Herzens mittelst eingesenkter Nadeln, welche bei Asphyxien u. s. w. behufs Herstellung der Herzaction wiederholt versucht wurde, sowie von den Versuchen percutaner Galvanisirung des Herzens bei Kranken, von welcher später die Rede sein wird.

Ich sehe ferner ab von der Elektrisirung des Oesophagus, dessen Muskulatur durch eine sondenförmige Elektrode mit grosser Präcision zur Verkürzung zu bringen ist. Da die Muskulatur der Speiseröhre im oberen Dritttheil ganz aus quergestreiften Fasern besteht [1]), so ist hier der Effekt der Reizung mit Inductionsströmen ebenso prompt, mit dem Kettenschluss beginnend und mit der Oeffnung der Kette endend, wie bei den übrigen animalischen Muskeln, während sich die unteren 2 Dritttheile, welche vorwiegend aus organischen Muskelfasern bestehen, die den organischen Muskelhäuten überhaupt zukommende träge

1) cf. Henle, Anatomie des Menschen. Bd. II. pag. 151.

fortschreitende und die Reizung überdauernde Contraction zeigen. Es lässt sich dieses Verhalten beim Hunde sehr hübsch demonstriren.

Von den Organen der Bauchhöhle verhalten sich beim Menschen die muskelhaltigen Organe gegenüber dem elektrischen Reiz, soweit Beobachtungen vorliegen, ganz ebenso, wie es am Hunde und andern Thieren bei Vivisectionen beobachtet wurde. Die Contractionen beginnen langsam und steigern sich bei Fortdauer des Reizes erst allmälig zu höherem Grade — selbstverständlich bei Einleitung intensiver Ströme rascher, als bei schwachen Strömen. Von der gereizten Stelle aus pflanzt sich die Verkürzung am Magen- wie am Darmrohr allmälig nach abwärts fort und erlischt einige Zeit nach Aufhören der Elektrisirung, um so später, je intensiver und länger der Strom einwirkt.

Die glatte Muskulatur reagirt auf beide Stromesarten mit Verkürzung, indessen auf den constanten Strom, wie es mir scheint, prompter und bei verhältnissmässig geringeren Graden der Stromintensität, als auf den inducirten.

Bei diesen Verkürzungen der Ring- und Längsmuskulatur wird, wie ich mich bei Hunden oft überzeugte, das contrahirte Darmstück stark ischämisch, und es tritt eine vermehrte Secretion Seitens der Schleimdrüsen in die Erscheinung, wie wir solche Steigerungen der secretorischen Thätigkeit auch auf der Schleimhaut des Mundes, des Schlundes, des Kehlkopfes, der Blase u. s. w. beobachten, wenn die Pole direkt die Schleimhaut berühren.

Uebrigens besteht bei fortdauernder faradischer Reizung eines Darmstückes die Constriction desselben fort, während dieselbe unter der Einwirkung eines galvanischen Stromes wieder mehr oder weniger, je nach der Intensität des Stromes, nachlässt.

Am Lebenden hatte ich wiederholt Gelegenheit, durch percutane Faradisirung die in grossen Hernien enthaltenen Darmpartieen in sehr lebhafte peristaltische Bewegung versetzen zu können, am schönsten an einem angeborenen Leistenbruche von der Grösse eines Kindskopfes, dessen Integumente so dünn und zart waren, dass sich die Windungen des Dünndarms hervorwölbten und jede Contraction aufs Deutlichste zu erkennen war. Die peristaltischen Bewegungen konnten durch mechanische und thermische Reizungen (Druck, Bespritzen mit kaltem Wasser)

zwar angeregt werden, indessen überschritten sie nicht ein gewisses Mass der Energie. Wurde der faradische Strom auf die wohlangefeuchtete Oberfläche der Hernie applicirt, nachdem dieselbe in der Rückenlage des Kranken zwischen den gespreizten Beinen auf Kissen gebettet war, so gerieth das unter jeder der Elektroden liegende Darmstück nach wenigen Secunden in tetanische Contraction, so zwar, dass sich das Darmstück wie ein elastischer, etwa fingerdicker Strang anfühlte. Die Contraction währte einige Secunden nach der Oeffnung der Kette fort, um sich dann allmälig auf die nicht gereizten Darmpartieen fortzupflanzen. Liess ich den Strom längere Zeit (2—3 Minuten) auf die Hernie einwirken und steigerte die Stromstärke allmälig, so erreichte die Energie der peristaltischen Bewegungen eine überraschende Höhe. Der Bruch war einem Knäuel von Schlangen, welche sich durch einander winden, nicht unähnlich; der gasförmige Inhalt des Darms wurde mit kollerndem Geräusch fortgestossen, hie und da konnte ich tetanische Contraction in einem Darmstücke fühlen, welche nach einer Dauer von mehreren Secunden nachliess, um an einer anderen Stelle wieder zu erscheinen. Eine Reposition des Bruches kam hiebei nicht zu Stande. Diese stürmischen Actionen dauerten lange nach der Entfernung des electrischen Reizes, ganz allmälig schwächer werdend, fort, waren aber erst nach einer Viertelstunde ganz erloschen. Der Kranke, welcher diese ihm bisher nicht vorgekommene Aufregung in dem Bruche mit Erstaunen betrachtete, versicherte mit Bestimmtheit, dass er keinen Schmerz verspüre ausser in der Haut an den beiden Stellen, wo die Electroden aufgesetzt waren. Dieser Schmerz erlosch mit dem Abnehmen der Electroden, während die stürmische peristaltische Action noch ziemlich lange aber schmerzlos fortdauerte.

Ob es möglich ist, am Lebenden bei normaler Lage des Darms und bei straffer Beschaffenheit der Bauchdecken eine Beschleunigung der Peristaltik auf percutanem Wege zu erzielen, darüber fehlt es noch an zuverlässigen Beobachtungen.

Für die Erregbarkeit der glatten Muskeln der Harnblase und der Gallenblase beim Menschen sprechen die Versuche am Thier, welche zeigen, dass diese Hohlmuskeln sich auf beide Ströme nach der Ausgangsöffnung hin im Quer- und Längs-

durchmesser verkleinern, wobei der flüssige Inhalt ausgetrieben wird. Zu einer solchen Wirkung gehören aber nach den von mir an Hunden und Kaninchen angestellten Versuchen kräftige Ströme und direkte Berührung des Organs wenigstens mit einem Pole. Percutan gelingt die Procedur weder beim Thier noch beim Menschen. Mir ist es deshalb sehr zweifelhaft, ob die Erregung der Gallenblasenmuskulatur beim Menschen, wie sie Gerhardt [1]) behufs gewaltsamer Entleerung der Gallenblase und Ausstossung des Hindernisses aus dem Ductus choledochus bei Icterus gastro-duodenalis) versuchte, indem er den einen Pol eines starken, grobschlägigen Inductionsstromes in die Gallenblasengegend, den anderen horizontal gegenüber und zwar rechts von der Wirbelsäule aufsetzte, bis zu dem Intensitätsgrade möglich ist, dass der von Gerhardt beabsichtigte Erfolg (Ausstossung des Pfropfes und Entleerung der Gallenblase) eintritt.

Bei der Harnblase ist eine energische Einwirkung auf die Muskulatur durch die Möglichkeit, Elektroden (einfache und doppelte) durch die Harnröhre in die Blase einzuführen, gewährleistet. Jedoch ist wohl zu berücksichtigen, dass bei Anwendung galvanischer Ströme Reizung resp. Verätzung der Blasenschleimhaut und Elektrolyse des in der Blase etwa noch befindlichen Harns und Schleims eintreten kann. Deshalb ist in solchen Fällen die Anwendung des constanten Stromes zu vermeiden und der Inductionsstrom zu wählen.

Auf die Muskulatur der Ureteren, des Vas deferens, des Uterus wirkt der elektrische Strom bei Säugethieren ebenfalls, wie dies am Hunde und anderen Versuchsthieren nachzuweisen ist, Contraction erregend. Am Menschen ist bisher nur am schwangeren Uterus behufs Erregung von Wehen und Austreibung der Frucht experimentirt worden. Ueber die zweckmässigste Methode zur Erregung von Uterus-Contractionen gehen übrigens die Ansichten der betreffenden Untersucher auseinander, doch dürfte die von Mackenzie [2]) befürwortete Application

---

1) Ueber Icterus gastro-duodenalis. Sammlung klin. Vorträge von Volkmann. Nr. 17. pag. 9/113.

2) Medico-Chirurgical Transactions 1859. p. 160.

der Ka an die Portio vaginalis und der An durch Vermittelung des Rectums an das Corpus Uteri oder an das Kreuzbein am meisten zu empfehlen sein.

Ob der elektrische Strom auf die Function der Nieren — etwa durch Erregung der Sympathicusfasern — irgend einen Einfluss auszuüben im Stande und ob in dieser Richtung am Menschen etwas zu erreichen sei, darüber sind wir vollständig im Dunklen. Gerhardt[1]) kam bei seinen Versuchen, an Gesunden und Wassersüchtigen die Urinsecretion durch Faradisirung der Nierengegend anzuregen, zu negativen Resultaten.

Die Reaction der Milz auf den elektrischen Strom ist noch immer controvers, wenigstens was die menschliche Milz anlangt. Beim Hunde ist die Contractilität ausser Zweifel. Ich habe mich wiederholt von der beträchtlichen Verkleinerung des Organs mit Runzelung der Kapsel überzeugt, wenn der elektrische Strom durch das eventrirte Organ im Längsdurchmesser eingeleitet wurde. Dasselbe ist schon früher von Claude Bernard[2]) und neuerdings von Mosler[3]) wiederholt beobachtet.

In Betreff der Contractilität der menschlichen Milz lauten die Ergebnisse der Versuche an Hingerichteten, welche die Erlanger Forscher[4]) und Kölliker[5]) anstellten, negativ, dagegen die von Wagner[6]), Harless[7]) und Jaschkowitz[8]) positiv.

Am Lebenden habe ich oft, aber bisher vergeblich, versucht, einen Einfluss auf die Grösse der Milz unter normalen und pathologischen Verhältnissen durch Einleitung elektrischer Ströme

---

1) l. c.

2) Gaz. medic. de Paris 1849. p. 994.

3) Die Pathologie und Therapie der Leukämie. Berlin 1872. p. 136.

4) Dittrich, Gerlach und Herz, Anatomische Beobachtungen und physiologische Versuche an den Leichen von zwei Hingerichteten. Prager Vierteljahrsschrift 1851. Bd. VIII. p. 65 ff.

5) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. III. p. 37.

6) Jena'sche Annalen 1849. Heft 1.

7) Jena'sche Annalen Bd. II. p. 244,

8) Virchow's Archiv 1857. Bd. XI. p. 239.

auf das linke Hypochondrium und die Seitenwand der Thorax zu üben.

Dagegen behauptet Chvostek [1]) auf reflectorischem Wege, nämlich durch Faradisirung der Haut über der Milz mit zwei Metallpinseln, erhebliche Verkleinerungen von Wechselfieber-Milztumoren erzielt zu haben.

Die Richtigkeit der Thatsache vorausgesetzt, muss man hier eine reflectorische Reizung der lienalen Aeste des Plex. coeliacus, welche sich geflechtähnlich mit der Art lienalis in die Milz senken, annehmen. Einen wie bedeutenden Einfluss die Milznerven auf das Volumen der Milz haben, ergibt sich aus den Versuchen von Mosler und Landois [2]), welche auf Durchschneidung aller sichtbaren Nerven an den aus der Bauchhöhle herausgezogenen Milz des Hundes dieses Organ sofort der Art anschwellen sahen, dass der ursprüngliche Bauchschnitt erweitert werden musste, um das vergrösserte Organ reponiren zu können.

Die Einwirkung des elektrischen Stromes auf das Blut und die übrigen thierischen Flüssigkeiten wird im II. Theile im Zusammenhang mit der therapeutischen Verwerthung der Elektrolyse abgehandelt werden.

---

1) Beiträge zur Elektrotherapie. II. Eine Methode zur Faradisation der Milz bei Lebenden. Wiener med. Presse 1870. Nr. 7, 8, 10, 16, 17, 34 u. 41.

2) Mosler, Leukämie p. 131.

Von den Apparaten und ihrer Behandlung.

I. Apparate zur Anwendung der Reibungs-Electricität.

Die alte Elektrisirmaschine ebenso wie die Leydener Flasche hat sich niemals in den Instrumentarien der Krankenhäuser und der Aerzte wirklich eingebürgert. Manche Aerzte, besonders englische, lassen zwar bei manchen Nervenkrankheiten noch immer die Funken der Elektrisirmaschine oder selbst der Leydener Flasche, wenn es gilt, Böses mit Bösem zu vertreiben, auf gelähmte Glieder oder auf ein krankes Rückenmark überschlagen, allein diese Heilbestrebungen sind denn doch ziemlich roh und haben sich nicht in die Therapie eingebürgert.

Neuerdings haben einzelne Autoren die Spannungsströme, welche die Influenz-Maschine von Holtz[1]) liefert, zu therapeutischen Zwecken zu verwenden angefangen. Unter ihnen ist besonders Frommhold und Schwanda[2]) zu nennen, deren Publicationen uns jedoch vor der Hand nicht davon überzeugen konnten, dass diese sogenannten Spannungsströme sowohl in physiologischer als therapeutischer Beziehung eine andere Wirk-

---

1) Ueber die Holtz'sche Influenzmaschine vrgl. Holtz, Poggendorf's Annalen Bd. 126 p. 168, 1865.

2) Ueber die phys. und therapeut. Wirkungen der Spannungsströme. Wiener med. Presse 1868. IX, 6 p. 147. —

Ueber die Wirkungen der von der Holtz'schen Maschine gelieferten Spannungsströme am Menschen Poggendorff's Annalen Bd. 133 p. 622. —

Ueber die Elektrophormaschine von Holtz und ihre Anwendung in der Elektrotherapie. Wien. med. Jahrbb. XXIV, 3 p. 163. 1868.

ung hätten als starke Inductionsströme. Wir müssen es deshalb dahingestellt sein lassen, ob die Holtz'sche Elektrophormaschine, wie Schwanda meint, »eine wesentliche Ergänzung des elektrischen Heilapparates“ sei. Ausser Schwanda und Frommhold hat sich auch Th. Clemens[1]) in Frankfurt mit der therapeutischen Anwendung der Influenzmaschine beschäftigt. Ob seine Empfehlung der Einführung dieses Apparates in der Medizin Vorschub leisten werde, dürfte mehr als zweifelhaft sein.

II. Apparate zur Anwendung der Inductionsströme.

A. Die magnet-elektrischen Inductionsapparate.

Der magnet-elektrische Rotationsapparat von Saxton war der erste, welcher zur Anwendung der Inductionsströme am kranken Körper Gelegenheit gab. Er ist in der Folge vielfach modificirt worden, so von Ettinghausen, Keil, Stöhrer, Duchenne u. A., hat es aber wegen seiner zahlreichen Schattenseiten nicht zu einer allgemeineren Verbreitung bringen können.

Er erfordert zunächst bei seiner Anwendung stets einen geübten Assistenten, ja es sind, wenn die Versuche lange währen, sogar mehrere Gehülfen nöthig, welche sich abwechseln müssen, da der einzelne durch das angestrengte Drehen sehr bald ermüdet wird. Die Unterbrechung des Stromes kann ferner sowohl wegen der Construction des Apparates als auch wegen des ungleichen Kraftaufwandes Seitens des Gehülfen nie eine so gleichmässige und rapide sein, wie bei dem Du Bois'schen Schlittenapparate, an dem der Strom selbst die Unterbrechung mit einer immensen Schnelligkeit und mit unveränderlicher Gleichmässigkeit ausführt. Dieser Umstand sowohl, als auch jener, dass die Stromstärke am Rotationsapparate nicht mit solcher Genauigkeit moderirt und berechnet werden kann, als an dem volta-faradischen, macht die Application des magnet-elektrischen Stromes an empfindlichen Partien, z. B. am Gesichte oder am Halse, bei sensiblen Personen aber überhaupt am ganzen Körper fast unerträglich schmerzhaft.

---

1) Die Influenzelektrisirmaschine von Holtz in Berlin und deren Verständniss und Gebrauch für den Elektrotherapeuten. Deutsche Klinik 1867, Nr. 48.

Trotzdem ist es sehr wahrscheinlich, dass die magnet-elektrischen Apparate noch einmal in der Elektrotherapie eine Rolle spielen werden. Sobald es gelungen sein wird, die oben bezeichneten Schattenseiten durch Vervollkommnung der Technik zu beseitigen, wird man den Stahlmagneten dem Volta'schen Elemente als einfachere Elektricitätsquelle vorziehen. Die wichtigen Verbesserungen, welche Siemens neuerdings für telegraphische und militairische Zwecke erdacht hat, lassen erwarten, dass auch die für ärztliche Zwecke construirten magnet-elektrischen Apparate mit der Zeit dem Bedürfnisse der praktischen Medizin entsprechend umgestaltet werden mögen.

B. Die volta-magnet-elektrischen Inductionsapparate.

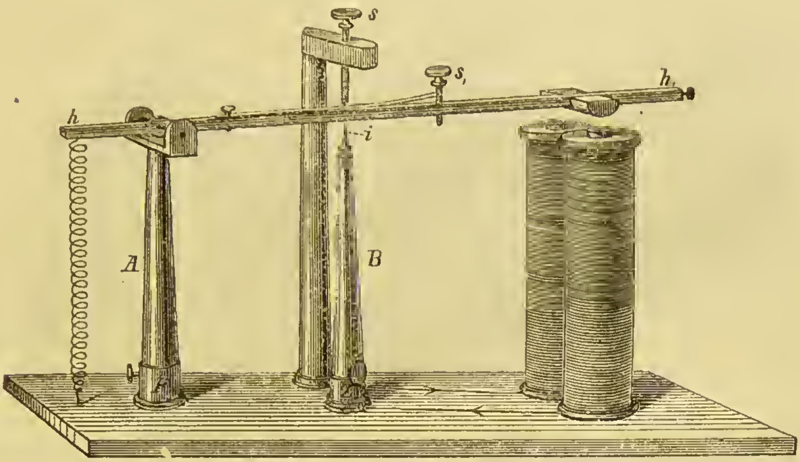
Die Grundlage aller jetzt gebräuchlichen complicirteren Apparate bildet der Schlittenmagnetelektromotor von Du Bois-Reymond, auch kurzweg Schlittenapparat genannt. Derselbe besteht aus einer kleinen und einer grossen hohlen Rolle von übersponnenem und mit Firniss überzogenem Kupferdraht. Der Hohlraum der kleinen Rolle birgt ein Bündel weicher Drahtstäbe, welche durch einen Firnissüberzug gegeneinander isolirt sind. Der Hohlraum der grösseren Rolle dient zur Aufnahme der kleineren Rolle, über welche die erstere, auf Schienen beweglich, hinweggeschoben wird.

Die Unterbrechung des Stromes wird durch den Wagner'schen selbstthätigen elektro-magnetischen Hammer bewirkt, welcher von Halske modificirt wurde. Derselbe ist in der nebenstehenden Abbildung (Fig. 1) von dem Inductionsapparate getrennt dargestellt.

Die Poldrähte des Elements sind am Fusse der Säulen A und B, nämlich bei P (positiver Pol) und Z (Zinkpol oder negativer Pol) in die Klemmschrauben eingelegt gedacht. Der Strom läuft in der Säule A aufwärts, tritt in den Hebel hh_1, dessen kürzeres Ende durch eine Spiralfeder bei h niedergezogen, dessen längeres Ende mithin nach oben gegen die Schraube s gedrückt wird. Von s tritt der Strom durch die Säule abwärts, durch den auf dem Fussbrett verlaufenden Draht in die Drahtwindungen, welche den Electromagneten umkreisen, und nachdem er diese durchlaufen, durch die Säule B zur Kette zurück. Der

Anker von weichem Eisen, welcher sich an dem Hebel $h h_1$ befindet, wird beim Kreisen des Stromes von dem Elektromagneten angezogen, dadurch entsteht aber eine Unterbrechung des Stromes, indem der Hebel von der Schraube s entfernt wird. Der Elektromagnet, durch die Unterbrechung des Stromes seines Magnetis-

Fig. 1.



mus beraubt, lässt den Anker fahren und stellt dadurch die Verbindung des Hebels mit der Schraube s wieder her. Der von Neuem kreisende Strom giebt dem Electromagneten seinen Magnetismus wieder, so dass derselbe den Anker wieder anziehen und den Strom wiederum unterbrechen muss. Dieser Wechsel von Unterbrechen und Schliessen des Stromes dauert an, solange das zwischen A und B eingeschaltete Element Ströme liefert.

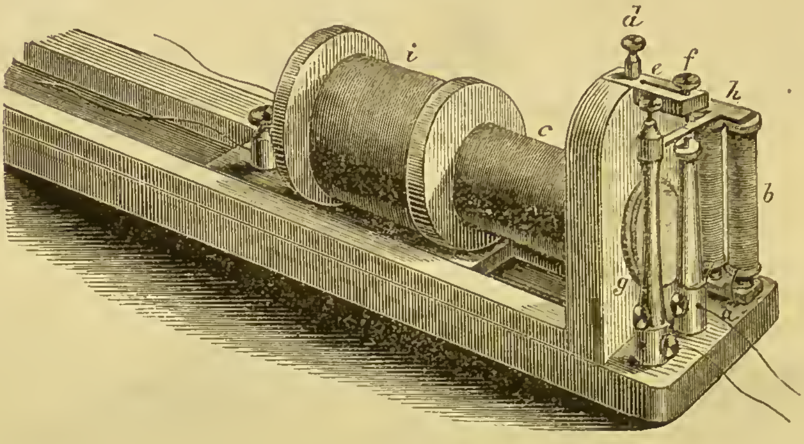
Wagner's elektro-magnetischer Hammer ist von Neef mit dem Inductionsapparate in Verbindung gesetzt und von Du Bois-Reymond ebenfalls bei seinem Schlittenapparate verwendet.

Der Du Bois-Reymond'sche Schlittenapparat empfiehlt sich zu ärztlichen Zwecken ganz besonders, und zwar sowohl wegen seiner Zweckmässigkeit und Einfachheit, als auch wegen seiner Billigkeit. Die umstehende Abbildung (Fig. 2) stellt den Apparat in der einfachsten Form dar. Derselbe wird durch irgend ein Volta'sches Element in Thätigkeit gesetzt und liefert Ströme erster und zweiter Ordnung.

Die Entstehung und Fortleitung der Ströme wird sofort einleuchten, wenn wir mit Bezugnahme auf die umstehende Abbildung den Kreislauf des (positiven) Stromes verfolgen.

Der negative Pol ist in die Klemmschraube a eingelegt. Der positive Strom verläuft nach dem Schlusse der Kette in der messingnen Säule g aufwärts und in der Feder des Unterbrechungshämmerchens h bis zu dem in der Mitte desselben liegenden Platinblöckchen. Von hier aus tritt er in die Platinspitze der

Fig. 2.



Schraube f, dann durch das Messingstück e nach der Klemmschraube d und von hier in den Draht der inneren Rolle c. Nachdem er diesen durchlaufen, tritt er vermittelst der im Fussbrett verborgenen Drahtleitung an den kleinen Hufeisenmagneten b, welcher aus zwei Säulen und einem dieselben verbindenden Fussklötzchen (Alles aus weichem Eisen bestehend) zusammengesetzt ist. In dem diese Säulen umspinnenden Drahte umkreist nun der positive Strom zuerst die eine, dann die andere Säule und nimmt alsdann in dem Leitungsdrahte seinen Weg nach der Klemmschraube A, um sich hier mit dem negativen Pole zu vereinigen.

So lange der Strom in dem Drahte, welcher das Hufeisen b umspinnt, kreist, ist dieses ein Magnet und zieht den Anker des Hämmerchens h an. Dadurch wird aber die Verbindung der Platinspitze an der Schraube f mit dem Platinblöckchen auf dem Hammerstiel aufgehoben, also der Strom unterbrochen. In demselben Augenblicke erlischt aber auch der Magnetismus in dem Hufeisen, das Hämmerchen schnellt vermöge der Federkraft seines Stieles aufwärts; damit ist die Verbindung desselben mit der Platinspitze der Schraube f wieder hergestellt und durch den von Neuem kreisenden Strom das Hufeisen wieder magnetisch gemacht.

Dieses zieht den Hammer wieder an, lässt ihn vermöge der Stromunterbrechung wieder fahren und auf diese Weise wird Unterbrechung und Wiederherstellung des Stromes in raschem Wechsel folgen, solange ein Strom überhaupt erzeugt wird.

Der Eisenkern befindet sich im Centrum der inneren Spirale, in welche er von rechts her eingeschoben wird und besteht aus einem Bündel gefirnisster Drahtstäbe, welche durch den in der inneren Drahtrolle kreisenden Strom zu Magneten werden.

Will man sich des secundären Inductionsstromes bedienen, so wird die äussere Rolle i, welche nach Art eines Schlittens auf messingnen Schienen läuft, über die innere Rolle hinweggeschoben, mit der sie übrigens in keiner leitenden Verbindung steht. Je weiter man die Rolle i über c vorschiebt, um so intensiver wird der Inductionsstrom in der Drahtspirale der Rolle i, welcher bei jeder Stromunterbrechung Seitens des Hämmerchens durch den verschwindenden Extrastrom und den verschwindenden Magnetismus des Eisenkerns inducirt wird.

Der Inductionsstrom wird entweder durch die Klemmschrauben, welche sich an der Rolle i befinden und die Leitungsschnüre aufnehmen, aus dem Apparate entzogen, oder wird, wenn sich der Apparat in einem Kasten befindet, durch die Metallschienen bis an die Wand desselben geleitet und den an der äusseren Fläche derselben befindlichen Klemmschrauben entnommen. Der Extracurrent wird aus dem Apparate mittelst besonderer Klemmschrauben entzogen, von denen auf der umstehenden Abbildung (Fig. 2) nur die eine (bei d) angegeben ist.

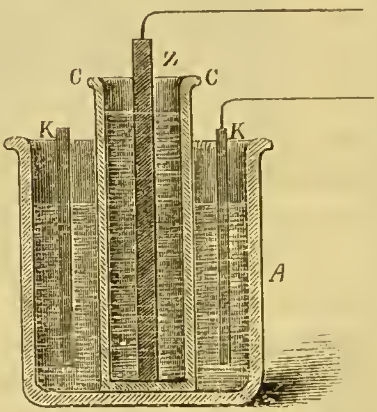
Diese einfachsten Schlittenapparate haben nun eine Menge von Veränderungen erfahren, welche theils die Grösse der Rollen, die Zahl der Drahtwindungen etc., theils die Adaptirung derselben für den ärztlichen Gebrauch betreffen. Dadurch sind die Apparate allmälig viel zweckmässiger für die medicinische Anwendung geworden. Ich beschränke mich im Nachfolgenden auf die Beschreibung der nach meiner eigenen Erfahrung besten d. h. den ärztlichen Zwecken am meisten entsprechenden Apparate.

Ich beginne mit der Besprechung der Elektricitätsquellen.

Als electromotorische Elemente benutzt man für den Du Bois-Reymond'schen Apparat die constanten Ketten von Daniell, Siemens-Daniell, Leclanché und Bunsen.

Die Daniell'sche Kette empfiehlt sich durch Constanz, Billigkeit und durch den Mangel von Säuredämpfen. Die stromerregenden Metalle sind Kupfer und Zink. Ersteres, ein breites cylindrisch gebogenes Kupferblech K (vergl. den idealen Durchschnitt in Fig. 3) befindet sich in dem Glase A zu äusserst in einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd. Das Zink, ein hohler Cylinder Z, steht in einem unten geschlossenen Thoncylinder C und ist von verdünnter Schwefelsäure oder einer concentrirten Lösung von Kochsalz umgeben. Es stehen somit zur Vermeidung von Polarisationsströmen die Metalle in verschiedenen Flüssigkeiten, welche durch eine poröse Thonzelle geschieden sind, ohne dass durch dieselbe das Strömen der Elektricität von Zink zum Kupfer gehindert würde. Der am Zink freiwerdende Sauerstoff oxydirt das Metall. Die Schwefelsäure bildet mit dem Oxyd schwefelsaures Zinkoxyd, welches in der Flüssigkeit aufgelöst wird. Am Kupfer wird durch Entwicklung von Wasserstoff das Kupferoxyd zu metallischem Kupfer reducirt, welches sich auf dem Kupferblech niederschlägt, während der Wasserstoff sich mit dem Sauerstoff des Kupferoxyds zu Wasser verbindet.

Fig. 3.



Während somit die Kupferplatte beim Gebrauche sich immer wieder mit reinem Kupfer beschlägt und allmälig verdickt, wird der Zinkkolben oxydirt und dadurch die Constanz des Stromes beeinträchtigt. Es erwächst uns also die Aufgabe, der Oxydation des Zinks entgegenzuwirken.

Dies geschieht am besten durch das sog. Verquicken oder Amalgamiren des Zinks. Das Verfahren ist folgendes: Man stellt den Zinkkolben bis zum oberen Rande einige Secunden

in verdünnte Schwefelsäure oder Salzsäure, bis das Metall rein und weiss zu Tage tritt. Alsdann nimmt man den Kolben heraus und übergiesst ihn innen und aussen mit regulinischem Quecksilber. Obgleich dasselbe rasch einen Ueberzug von Zinkamalgam auf der Oberfläche bildet, so ist derselbe doch nicht vollständig und es ist nöthig, das Quecksilber mittelst eines um einen Stab gewundenen und mit Watte unterpolsterten Leinwandlappens über die ganze Oberfläche zu verreiben. Ist die Oberfläche nicht ganz glänzend, so kann man die Procedur noch einmal wiederholen. Ist die Verquickung genügend, so spült man den Cylinder oder Kolben in Wasser ab und legt ihn alsdann auf Fliesspapier, damit er trockne. Nach einigen Stunden kann er in Gebrauch gezogen werden.

Andere, z. B. Rosenthal[1]), empfehlen eine Lösung von Quecksilber in Salpetersäure, welche auf das Zink nach der Reinigung der Oberfläche durch verdünnte Schwefelsäure mittelst eines Pinsels aufgetragen wird. Die Vorschrift für die Bereitung der Lösung ist nach Rosenthal folgende: 4 Theile Quecksilber werden in 5 Theilen Salpetersäure und 15 Theilen Salzsäure unter gelindem Erwärmen aufgelöst und alsdann noch 20 Theile Salzsäure zugesetzt.

Was die Flüssigkeiten anbetrifft, in welche die Metalle gestellt werden, so ist die Schwefelsäure mit Wasser im Verhältniss von 1 Raumtheil roher oder englischer Schwefelsäure zu 6—10 Raumtheilen Wassers zu verdünnen.

Die Kupfervitriollösung ist durch Einlegung von grösseren Stücken käuflichen Kupfervitriols in das Glas oder nach Rosenthal durch Einhängen eines mit pulverisirtem Kupfervitriol gefüllten Florbeutelchens in die Lösung gleichmässig concentrirt zu erhalten.

Will man die Elemente in gutem Zustande erhalten und lange gebrauchen, so muss man sie nach jedesmaligem Gebrauche auseinandernehmen, die Säuren in ihre Gläser füllen, die Metalle abspülen, die Thoncylinder in Wasser legen, in dem sie (bei öfterem Wechsel des Wassers) aufbewahrt werden.

Diese Reinigung der Elemente nach jedem Gebrauche, der Zeitverlust, ferner die unvermeidliche Verunreinigung durch die

1) Elektricitätslehre für Mediciner. II. Aufl. pag. 55.

Flüssigkeiten erschweren den Gebrauch dieser Ketten der Art, dass sie bei den Aerzten trotz ihrer Constanz und trotz ihrer Billigkeit in der That sehr wenig in Gebrauch gekommen sind.

Siemens und Halske haben das Verdienst, das Daniell'sche Zinkkupfer-Element in der Art verbessert zu haben, dass dasselbe nicht auseinander genommen zu werden braucht, sondern dauernd in Thätigkeit bleibt und doch Ströme von tadelloser Constanz und von ganz ungewöhnlicher Dauer liefert. Man kann ein Daniell-Siemens'sches Element so ziemlich ein Jahr ununterbrochen in Gebrauch haben, ohne daran, ausser Nachfüllen von Wasser und Ergänzung des verbrauchten Kupfervitriols, Veränderungen vornehmen zu müssen. Ich verweise übrigens auf die Beschreibung dieses Elements bei den Batterien für den constanten Strom, wo die Siemens'sche Batterie die erste Stelle einnimmt. Für Inductions-Apparate eignen sie sich wegen ihres grossen Umfanges und der Schwierigkeit, sie transportabel zu machen, viel weniger als die Elemente von Bunsen und Leclanché, welche auf den folgenden Seiten genauer besprochen werden sollen.

Das **Grove**'sche Zinkplatina-Element eignet sich trotz seiner hervorragenden elektromotorischen Kraft ebenfalls nicht für Inductionsapparate und constante Batterien, weil einerseits ihre Anwendung jedesmal die Umständlichkeit des Füllens und der nachfolgenden Reinigung mit sich bringt, und andererseits die sich entwickelnden Dämpfe von salpetriger Säure die Metalltheile des Apparates angreifen. Endlich kommt auch noch der hohe Preis dieser Elemente in Betracht. Ich halte indessen eine kurze Erwähnung derselben und ihrer Zusammensetzung an dieser Stelle deshalb für zweckmässig, weil sie früher für Inductionsapparate in Gebrauch gezogen wurden und besonders weil sie für die Erzeugung thermischer Wirkungen — also für die Galvanocaustik — noch immer als die beste und sicherste (wenn auch nicht als die bequemste und billigste) Elektricitätsquelle erklärt werden müssen.

Die **Grove**'sche Kette führt Zink und Platin als Erreger. Das Zink steht cylinderförmig aussen im Glase (Fig. 4) in verdünnter Schwefelsäure, das Platin, zur Vergrösserung der Oberfläche Sförmig gebogen (vergl. Fig. 5), ist an einem Porcellandeckel befestigt, welcher die Thonzelle gut abschliesst. Auf

diese Weise kommen die Dämpfe der in der Thonzelle befindlichen und das Platin umgebenden Salpetersäure nicht so sehr zur Wahrnehmung als bei offenem Thoncylinder.

Fig. 4.



Fig. 5.



Der elektrochemische Vorgang ist am Zink derselbe wie bei dem Daniell'schen Element. Am Platin dagegen reducirt der ausgeschiedene Wasserstoff die Salpetersäure zu salpetriger Säure, indem er sich mit dem Sauerstoff zu Wasser verbindet.

Dem Bedürfnisse der ärztlichen Praxis konnten die eben bezeichneten Elemente nicht genügen, da sie die Anwendung des elektrischen Stromes zu einer sehr zeitraubenden und unangenehmen Procedur machten, welche für jeden beschäftigten Arzt, falls er sich nicht der Hülfe eines geübten Dieners erfreute, auf die Dauer geradezu undurchführbar war. Es musste dem Arzte die Möglichkeit gegeben werden, den elektrischen Strom mit derselben Leichtigkeit und mit demselben geringen Aufwande von Zeit und Mühe zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken zu verwerthen, mit welchem heutzutage das Stethoscop, der Scheidenspiegel, der Kehlkopfspiegel und andere Instrumente in Anwendung kommen.

Die Aufgabe der physikalischen Technik war es, diesem Bedürfnisse der Heilwissenschaft abzuhelfen. Es handelte sich zunächst für die Anwendung des Inductionsstromes um die Con-

struction leicht transportabler Apparate mit constanten Elementen, welche jeden Moment ohne weitere Vorbereitung in Thätigkeit zu setzen wären. Diese Aufgabe ist in den letzten zehn Jahren durch die Einführung der Zinkkohlen-Elemente mit Hebevorrichtung von Stöhrer und der Braunstein-Elemente von Leclanché in befriedigender Weise gelöst worden. Durch die Verwendung dieser Elemente für die Inductionsapparate ist jedem Arzt die Möglichkeit gegeben, den Inductionsstrom jeder Zeit in Anwendung zu ziehen, ohne dass weitere Massnahmen nöthig wären, als die wenigen Handgriffe, welche den Apparat in Bewegung setzen, und diejenigen, welche seine Thätigkeit wieder sistiren. Erst hierdurch ist der Inductionsstrom ein Gemeingut der Aerzte geworden.

Ich beginne mit der Beschreibung der Stöhrer'schen Inductions-Apparate mit Hebevorrichtung, indem ich im Wesentlichen den Erläuterungen Stöhrer's [1]) folge.

Stöhrer hat einen kleineren und einen grösseren transportablen Inductionsapparat construirt. Ersterer besitzt nur ein Zinkkohlen-Element, letzterer deren zwei.

Stöhrer's kleiner transportabler Inductions-Apparat (Nr. I).

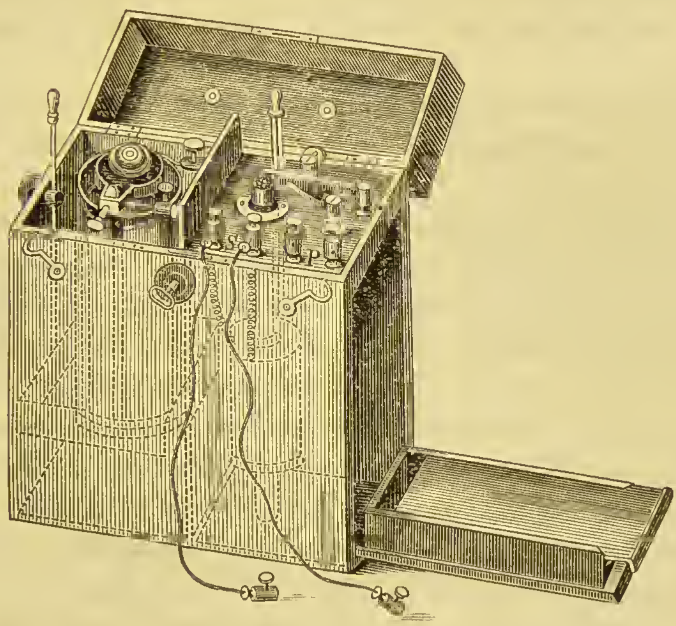
Die Batterie desselben besteht aus Kohle und Zink ohne Anwendung einer Thonzelle. Das Innere der Kohle, mit Sand gefüllt, durch einen Glasstöpsel verschlossen, dient zur Aufnahme von Chromsäure, concentrirt in Wasser gelöst; 10 bis 12 Tropfen genügen auf lange Zeit. Bei täglichem und anhaltendem Gebrauch ist diese Portion so oft zu erneuern als die verdünnte Schwefelsäure im Glase.

Das Zink umgiebt die Kohle und wird durch Glasperlen, welche in die Kohle eingelassen sind, von der Berührung mit derselben abgehalten. Zink und Kohle sind an der Wand des Apparats durch Klemmschrauben befestigt. Das kupferne Plätt-

1) Preis-Verzeichniss der neuen elektrischen Heilapparate nebst Beschreibung und Anweisung zum Gebrauch von Dr. Emil Stöhrer. Dresden 1870. Vergl. auch Erdmann l. c. III. Aufl. p. 55 sqq.

chen, welches durch eine Schraube unmittelbar an die Wand der Kohle gepresst wird, muss man an der Berührungsstelle rein erhalten oder mit Platin überziehen lassen. Letzteres hat sich an meinem Apparate sehr bewährt. Das Glas dient zur Aufnahme der verdünnten Schwefelsäure; es ist vertical verschiebbar und kann in jeder Höhe befestigt werden. Diese Einrichtung hat den Zweck, die Säure ganz oder nur zum Theil mit dem Erreger in Berührung zu bringen, oder beim gänzlichen Herablassen des Glases alle Wirkungen aufzuheben. Da im letzteren Falle die Säure nur das unterste Dritttheil des Glases einnimmt, so kann der Apparat mit der Füllung ohne alle Gefahr transportirt werden. Bei Anwendung englischer Schwefelsäure wählt man am besten eine Verdünnung im Verhältniss von einem Raumtheil Schwefelsäure zu sechs Theilen Wasser.

Fig. 6.



Es ist eine wesentliche Bedingung zur Erzeugung eines constanten und starken Stromes, dass man das Zink in gut amalgamirtem Zustande erhält, denn sobald das Zink von der Säure angegriffen wird, sinkt der Strom und man hat durch Gasentwicklung üblen Geruch sowie Beschädigung der Metalltheile des Apparates zu befürchten. Das Verfahren, den beschädigten oder noch gar nicht amalgamirten Cylinder mit Queck-

silber zu überziehen, ist bereits oben (pag. 163) genauer mitgetheilt.

Beim Bezug neuer Apparate erhält man das Zink schon amalgamirt, nach längerem Gebrauch ist indessen eine Wiederholung des Amalgamirens nöthig, sobald man das Brausen der Schwefelsäure bemerkt.

Die Handhabung dieser Batterien mit Verschiebung des Glases gestattet in Bezug auf die Erzeugung eines beliebig starken Stromes grosse Vortheile. Bei frischer Füllung hebt man das Glas nur sehr wenig und benutzt überhaupt nur eine so grosse Berührungsfläche der Elemente, als man eben bedarf, um den Apparat in Gang zu setzen. Die Folge dieser Sparsamkeit ist, dass man dieselbe Säure sehr lange benutzen kann und dass das Zink sehr wenig angegriffen wird.

Ferner kann man durch Verschiebung des Glases unmittelbar auf die Stärke des primären und secundären Stromes einwirken und hat hiermit schon ein Mittel zur Graduirung beider Ströme.

Endlich ist die Bequemlichkeit und Reinlichkeit, womit man, ohne die Säure aus- und einfüllen zu müssen, sofort bei Hebung des Glases den Apparat in Gang setzt, für den Arzt eine der wichtigsten Eigenschaften dieser Batterien Beim Tragen des Apparates ist es kaum möglich, Säure zu verschütten, da derselbe bis auf einen Winkel von 60 Grad geneigt werden kann, ehe eine Gefahr eintritt. Dasselbe gilt für das Fahren im Wagen.

Der Inductions-Apparat. Durch die Klemmschrauben, welche das Zink und die Kohle an der Wand festhalten, wird der Strom der Batterie in's Innere des Kastens durch die primäre Spirale und den Unterbrecher geführt.

Der Letztere besteht aus einem vierkantigen Eisenstück, welches, leicht beweglich an einer Feder befestigt, vom Elektromagnet angezogen wird und, indem es seinen Ruhepunkt an der mit Platinspitze versehenen Stellschraube verlässt, die Leitung trennt; der Elektromagnet, welcher nun seinen Magnetismus verliert, lässt den von der Feder zurückgetriebenen Hammer los. Durch wiederholte Berührung des Hammers mit der Platinspitze tritt der Strom von Neuem ein. Es entsteht hierdurch das bekannte Spiel des Hammers und als dessen Folge die Induction in der secundären Spirale. Beide Spiralen befinden sich im Innern

des Kastens, die letztere kann durch Aufziehen eines graduirten Stäbchens vertical verschoben werden.

Eine messingne, mit Druckschraube versehene Feder lehnt sich gegen den Hammer und drückt denselben mit grösserer oder geringerer Kraft, je nachdem man die Druckschraube vor- oder rückwärts schraubt, gegen den Platinstift.

Diese Einrichtung hat den Zweck, sowohl die Stärke der Inductions-Stösse in beliebiger Weise abzuändern, als auch das Tempo der Vibrationen des Hammers langsam oder schnell hervorzubringen. Bei starker Spannung der Messingfeder muss der Hammer durch Vorwärtsschrauben der Platinspitze dem Magnet mehr genähert werden als bei schwächerer Spannung. Langsame Schläge des Hammers erhält man bei starker Spannung der Messingfeder; mit dem Nachlassen der Spannung schlägt der Hammer schneller, am schnellsten bei gänzlicher Entfernung der Messingfeder. Einige Versuche lehren bald, dass durch den Gebrauch dieser Theile des Apparates die Inductionsströme einen willkürlich abzuändernden Charakter annehmen. An dem Hammer selbst befindet sich eine mit Platin belegte Messingscheibe, deren Rand mit Löchern versehen ist. Dreht man durch eine eingesteckte Nadel diese Scheibe ein wenig, so kommt eine andere Berührungsstelle unter den Platinstift. Man hat dies vorzunehmen, sobald nach langem Gebrauch das Platinscheibchen sehr oxydirt ist.

Zur Ableitung des Stromes zu dem betreffenden Körpertheile dienen vier Schraubenständer. Die mit P bezeichneten führen zu der inneren Spirale und geben den primären, die mit S bezeichneten sind mit der äusseren Spirale verbunden und geben den secundären Strom. Die Mittel, beide Ströme willkürlich stark oder schwach hervorzubringen, sind folgende:

1) Auf die Stärke beider Ströme wirkt die grössere oder geringere Stärke des Batteriestromes, den man, wie oben erwähnt, durch die Stellung des Glases in der Gewalt hat. Ferner können durch starken Druck des Hammers gegen den Platinstift die Schläge kräftiger hervorgebracht werden.

2) Den primären Strom kann man ferner dadurch dämpfen, dass man die Schraubenständer des secundären Stromes durch den beigegebenen Drahtbügel verbindet und die Spirale mit dem Stäbchen hebt.

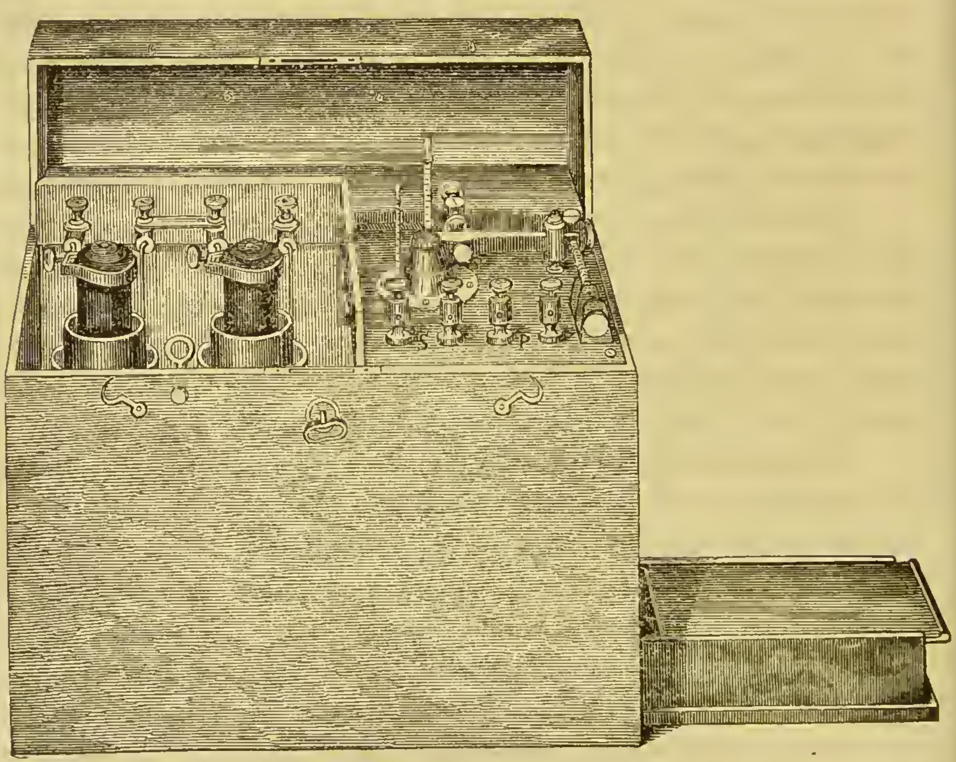
3) Der secundäre Strom wird durch dieselbe Verschieb-

ung sehr vollkommen regulirt: bei der tiefsten Stellung der Spirale ist der Strom am schwächsten, bei der höchsten am stärksten, wobei bemerkt wird, dass die Scala natürlich nur ein relatives Maass angeben kann, weil die Stärke des Stromes von mehreren Factoren gleichzeitig abhängt. Der Drahtbügel wird bei Anwendung dieses Stromes entfernt und statt dessen sind die Leitungsschnüre einzuschrauben.

Stöhrer's grosser transportabler Inductions-Apparat (Nr. 2).

Die Batterie desselben besteht aus zwei Elementen, welche ganz dieselbe Einrichtung haben wie bei Nr. 1. Man kann mit Hülfe der beigegebenen grösseren Klammern beide Elemente in ein einziges von doppelter Oberfläche verwandeln, wenn man Kohle mit Kohle und Zink mit Zink verbindet. Die kleinere Klammer verbindet die Kohle des einen mit

Fig. 7.



dem Zink des andern Elementes, wenn man zwei Elemente herstellen will. Endlich kann man nur eins der Elemente be-

nutzen, wenn man durch Einsetzen einer langen Klammer das andere ausschliesst. Die Klammern werden unter die oberen kleinen Druckschrauben der Ständer geschoben, wobei vorausgesetzt wird, dass die unteren grösseren Schrauben, welche die starken Kupferdrähte einklemmen, fest angezogen sind. Der Gang der Leitung erklärt sich dadurch, dass die erste Kohle und das letzte Zink für immer mit den Drähten des Apparates in Verbindung stehen.

Der Hammer hat hier eine vollkommenere Einrichtung als bei Nr. 1. Derselbe besteht aus einem Balançier von Eisen, dessen Gegendruck durch eine Spiralfeder regulirt wird. Diese Einrichtung gewährt den Vortheil eines ruhigen und sicheren Ganges und giebt den Inductionsströmen grössere Gleichmässigkeit. Der Platinstift mit seiner Stellschraube sitzt hier im Hammer selbst, hingegen ist die Platinscheibe drehbar an einer Feder befestigt, deren Wirkung durch eine dahinterstehende Schraube aufgehoben werden kann. Im letzteren Falle wird der Hammer beim Rückgang auf eine feste Unterlage treffen; gestattet man hingegen durch Zurückstellen der Schraube der Feder einigen Spielraum, so giebt sie beim Rückgang des Hammers nach und verändert dadurch das Spiel desselben. Die Schlagweite des Hammers kann man entweder durch die Schraube mit Platinspitze oder durch Verstellung der hinter der Platinscheibe liegenden Stellschraube willkürlich abändern. Starke Spannung der Spiralfeder verlangt wie bei Nr. 1 kurze Schlagweite des Hammers. Ganz langsames Tempo des Hammers erhält man, wenn man der Platinscheiben-Feder einen geringen Spielraum giebt und die Spiral-Feder anspannt. Das schnellste Tempo wird erzeugt bei feststehender Platinscheibe und schwacher Spannung der Spiral-Feder.

Der primäre und secundäre Strom werden wie bei Nr. 1 an den Ständern P und S abgeleitet.

Die Dämpfung des secundären Stroms geschieht ebenfalls wie bei Nr. 1 durch Herabschieben des graduirten Stäbchens mit der Inductionsspirale (ohne Anwendung des Kupferdrahtbügels). Senken der Inductionsspirale bis auf den Boden des Apparates bringt den secundären Strom zum Verschwinden.

Für die Dämpfung des primären Stroms wird, wie bei Apparat Nr. 1, der Drahtbügel in die Klemmschrauben des secundären Stromes (bei S) eingelegt und die Inductionsspirale so weit

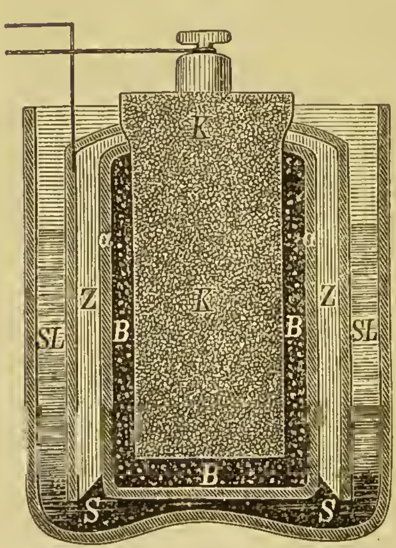
wie möglich gehoben. Da aber auf diese Weise der primäre Strom noch nicht so vollkommen abgeschwächt wird, als für sehr empfindliche Partien, z. B. für das Gesicht, nöthig ist, so hat Stöhrer in der neuesten Zeit noch ein kupfernes Rohr im Innern des Inductionsapparates angebracht, welches, durch ein kleines ebenfalls graduirtes Stäbchen (auf der Zeichnung links vom Eisenkern befindlich) sich über die primäre Spirale schiebt und im Verein mit der gehobenen geschlossenen Inductionsspirale den primären Strom fast bis zum Verschwinden abdämpft.

Das Leclanché'sche Zink-Kohle-Braunstein-Element.

Neuerdings ist von Leclanché[1]) ein Element construirt, welches das Zink-Mangansuperoxyd- oder Kohlen-Braunstein-Element mit einer Flüssigkeit, auch Braunstein-Element kurzweg genannt wird. Dasselbe besitzt manche Vorzüge vor den anderen Elementen und dürfte bald eine grosse Bedeutung für die Elektrotherapie gewinnen.

Die Einrichtung dieser Elemente ist folgende (vgl. Fig. 8): In einen porösen Thoncylinder (a) ist eine stabförmige Platte von Gaskohle (K K) eingelassen und in den noch übrig bleibenden Raum ein Gemisch von über erbsengrossen Stücken von Braunstein (Pyrolusit, Manganhyperoxyd) und grob pulverisirter Gasretortenkohle eingefüllt (B B). Der Thoncylinder ist mit einem passenden Deckel verkittet, welcher den Kohlenstab (mit der Klemmschraube oben darauf) durchtreten lässt und ausserdem noch 2 feine Oeffnungen zur Ermöglichung des Zutritts der atmosphärischen Luft und des Entweichens des freiwerdenden Wasserstoffs enthält.

Fig. 8.



1) Leclanché in Mechanics Magazine, März 1868 und in Les Mondes Tom. XVI p. 532, März 1868. Dingler's Polytechnisches Journal Bd. 188 p. 96 sqq.

Der Thoncylinder wird in ein Glasgefäss gestellt, welches bis zur Hälfte der Thonzellenhöhe mit concentrirter Salmiaklösung (SL) gefüllt ist. Der rohe käufliche Salmiak genügt vollständig. In dieser Lösung steht ein amalgamirter Zinkcylinder (ZZ), welcher etwa alle 2—3 Monate einer Reinigung und Neuverquickung bedarf.

Die elektromotorische Kraft dieses Elementes ist sehr bedeutend. Nach den neuesten und zuverlässigsten Bestimmungen von Beetz[1]) beträgt dieselbe 1,167, wenn die Kraft eines Daniell'schen Elementes = 1 gesetzt wird[2]). Den Widerstand des Elementes fand Beetz = 1,5 S.-Einheit.

Die Constanz ist sehr bedeutend, wenn man die Salmiaklösung stets concentrirt erhält, was am besten dadurch bewerkstelligt wird, dass man der Flüssigkeit Salmiak im Ueberschuss zusetzt.

Beim Gebrauch entwickelt sich durch Elektrolyse der Salmiaklösung Chlorzink und Ammoniak, während der Braunstein das an der negativen Polplatte abgeschiedene Wasserstoffgas rasch absorbirt (Leclanché).

Nach J. Müller[3]) besteht der Nutzen des Braunsteins darin, dass er bei der Elektrolyse Sauerstoff abgibt, obwohl diese Sauerstoffabgabe nicht hinreicht, um allen durch den Strom ausgeschiedenen Wasserstoff zu oxydiren. Die galvanische Polarisation wird also dadurch, dass die Kohlenplatte mit Braunstein umgeben ist, merklich verringert, aber nicht aufgehoben.

Das Ammoniak geht, sobald die wässerige Lösung damit gesättigt ist, flüchtig fort. Beim Gebrauch einzelner Elemente kommt dieser Nachtheil nicht in Betracht; dagegen können grosse Batterien aus Leclanché's Elementen nicht im Zimmer stehen, weil die Ammoniakdämpfe zu stark werden.

---

1) Sitzungsberichte der k. b. Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-physikalische Klasse. Sitzung vom 7. Jan. 1871.

2) Die vergleichende Bestimmung von Beetz ergibt für die gebräuchlichsten Elemente folgende Zahlenwerthe:

1 Bunsen-El.	=	1,799 Dan.
1 Grove-El.	=	1,684 »
1 Stöhrer-El.	=	1,272 »
1 Leclanché-El.	=	1,167 »
1 Meidinger-El.	=	0,849 »

3) Poggendorff's Annalen Bd. 140 p. 308, 1870.

Dieser Uebelstand, welcher besonders auf Telegraphenstationen, auf denen diese Elemente in Gebrauch sind, sich bemerklich gemacht hat, sowie der weitere, dass die elektro-motorische Kraft mit der Zeit sinkt, lässt diese Elemente für grosse zu elektrotherapeutischen Zwecken construirte Batterien zur Zeit noch nicht so praktisch erscheinen als die Siemens-Daniell'schen Elemente, obwohl sie andererseits vor diesen Manches voraus haben. In der Beetz'schen Modification (vgl. unten) scheinen die Braunstein-Elemente übrigens allen Anforderungen zu entsprechen.

Für Inductionsapparate eignen sie sich, soweit die bisherigen Erfahrungen reichen, ganz vortrefflich, besonders wenn man zwei Elemente verwendet und dieselben neben einander, nicht hinter einander, verkuppelt, also die beiden Zinke und ebenso die beiden Kohlen unter einander verbindet und dann erst mit dem Apparate in Verbindung setzt. Im letzteren Falle ist nämlich die Stromintensität nach Hitzig [1]) beinahe doppelt so gross als im ersteren Falle.

Die Leclanché-Elemente sind zuerst von Krüger und Hirschmann in Berlin (Simeonsstrasse 20) für ihre neuen Inductionsapparate verwendet worden, und auch Keiser und Schmidt in Berlin haben kleinere Inductionsapparate mit einem grossen Leclanché-Elemente construirt.

Ich gebe zunächst die Beschreibung der Inductionsapparate von Krüger und Hirschmann, welche sich durch Compendiosität und Eleganz, wie durch Zweckmässigkeit der inneren Einrichtung und Sicherheit des Ganges auszeichnen.

Krüger und Hirschmann's transportabler Inductionsapparat mit Leclanché-Elementen und Stöpselvorrichtung [2]).

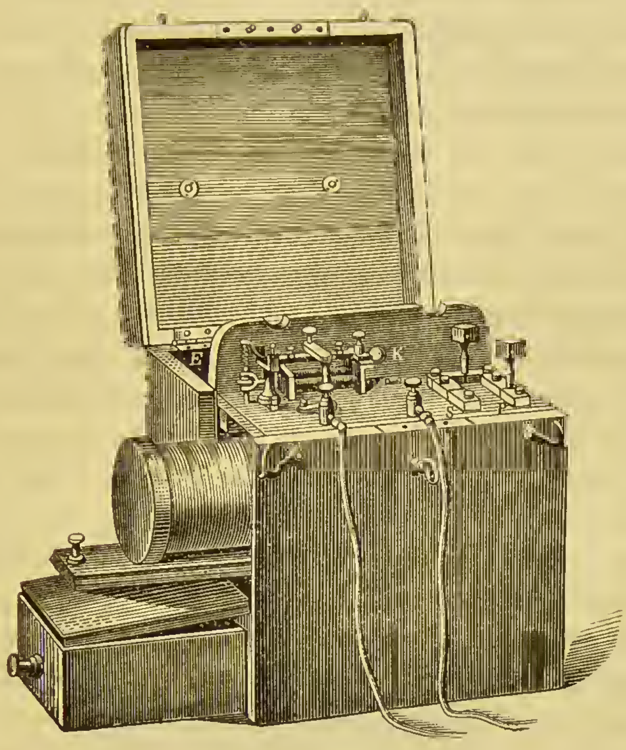
Dieser Inductionsapparat gewährt denselben Vortheil, welchen wir schon an den Stöhrer'schen Apparaten hervorgehoben

1) Berliner klin. Wochenschrift 1867 Nr. 48.

2) Der kleinere Inductionsapparat mit einem Elemente ist 23 Ctm. hoch, 20 Ctm. lang, 11½ Ctm. breit und kostet 20 Thlr. Der grössere

haben, dass er nämlich ohne weitere Vorbereitung jeden Augenblick in Thätigkeit gesetzt werden kann.

Fig. 9.



Ein oder zwei Leclanché-Elemente[1] befinden sich in der auf der beistehenden Figur 9 mit E bezeichneten Abtheilung des Kastens. In dem grösseren Apparate (Fig. 9) befinden sich zwei Elemente, welche neben einander, d. h. Zink mit Zink und Kohle mit Kohle, verkuppelt sind. Dieselben befinden sich in dauernder und unveränderlicher Verbindung mit dem Inductionsapparate. Die Leitung wird durch eine Stöpselvorrichtung hergestellt, welche sich auf dem Deckblatt der vorderen Abtheilung rechterseits angebracht findet; von den drei hier befindlichen und mit Aus-

---

[1] Apparat mit 2 Elementen ist 23 Ctm. hoch, 20 Ctm. lang und 20 Ctm. breit und kostet 25 Thlr. Eine M. Meyer'sche Kugelunterbrechung am Hammer erhöht den Preis um 5 Thlr.

schnitten für die Aufnahme von Stöpseln versehenen Messingblöcken dient der mittlere zur Herstellung der Leitung überhaupt.

Sobald der Stöpsel in den mittleren Block eingesetzt wird, geräth der Hammer in Thätigkeit. Die Messingblöcke P resp. S stellen, wenn sie gestöpselt werden, die Leitung des primären resp. des secundären Stromes zu den Klemmschrauben her, welche die Leitungsschnüre aufnehmen.

Stöpselt man den Messingblock P, so leitet man den primären Strom, oder richtiger den Extracurrent, stöpselt man bei S, so leitet man den secundären, richtiger den Inductionsstrom, zu den zwei Klemmschrauben und von hier durch die Leitungsschnüre auf den Körper über.

Die Unterbrechung geschicht durch einen Hammer mit Kugelunterbrecher nach M. Meyer und einen horizontal liegenden Elektromagneten. Der Kugelunterbrecher ist eine verstellbare Verlängerung des Hämmerchens mit einer Kugel am Ende. Das Metallstäbchen, welches die Kugel trägt, ist in dem Stiel des Hämmerchens verschiebbar und kann durch eine Stellschraube in jeder beliebigen Stellung zum Hammer fixirt werden. Auf diese Weise kann man den Hammer mittelst der Kugelstange bis fast um das Doppelte verlängern und dadurch die Zahl der Schwingungen des Hammers resp. der Unterbrechungen so vermindern, dass man sie nicht blos sehen, sondern auch zählen kann. So hübsch übrigens diese Vorrichtung und so brauchbar sie bei gewissen Untersuchungen ist, so dürfte sie doch für den praktischen Arzt entbehrlich sein.

Unter dem Deckblatt der vorderen Abtheilung befinden sich die Drahtrollen. Dieselben stehen horizontal, so dass die äussere Rolle bei niedergeschlagener linker Seitenwand nach links aus dem Kasten hervorgezogen wird. Unter den Drahtspiralen befindet sich eine Schublade zur Aufnahme der Nebenapparate.

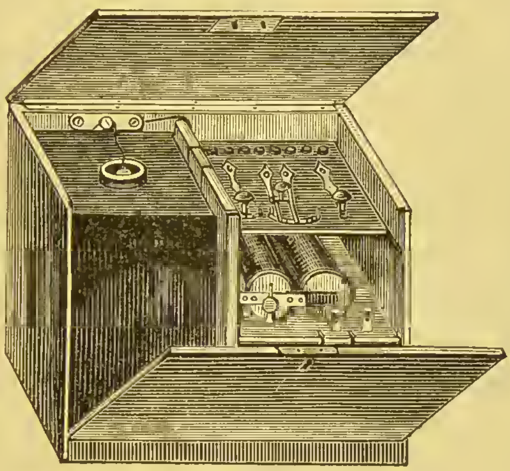
An der rechten Seitenwand steht der Handgriff des Eisenkerns hervor, an welchem man die Stellung des letzteren zur inneren Rolle verändern kann. Herausziehen desselben schwächt beide Ströme. Sollte der primäre Strom nach gänzlicher Entfernung des Drahtkerns noch zu stark sein, so kann derselbe durch Einsetzung des dritten Stöpsels bei S noch weiter geschwächt werden.

Der kleinere Apparat unterscheidet sich von dem eben beschriebenen dadurch, dass er nur ein Element besitzt, während übrigens die Construction dieselbe ist, wenn auch das Lageverhältniss der einzelnen Theile zu einander ein etwas anderes ist.

Ich benutze von den vorstehenden beiden Apparaten den grösseren seit längerer Zeit fast ausschliesslich und kann denselben nur aufs Beste empfehlen, da er allen Anforderungen, welche man an einen derartigen Apparat stellen muss, in der vollkommensten Weise entspricht.

Die Telegraphenbauanstalt von Keiser und Schmidt in Berlin (Oranienburger Str. 27) hat ebenfalls die Leclanché-Elemente für den ärztlichen Gebrauch verwendet und einen kleinen Inductionsapparat mit einem Elemente (Fig. 10) construirt, welches

Fig. 10.



verschlossen ist und $^1/_2$—1 Jahr constant bleiben soll. Derselbe ist sehr compendiös und billig[1]), und liefert primäre und secundäre Ströme, welche durch Herausziehen resp. Hineinschieben eines metallenen Dämpfers über den Eisenkern der zwiefachen Drahtrolle verstärkt resp. geschwächt werden. Mit den Apparaten von Krüger und Hirschmann kann dieser Apparat freilich nicht concurriren, er ist aber auch um Vieles billiger, als diese.

1) Der Apparat ist 15 Ctm. hoch, 19 Ctm. breit und 14 Ctm. tief. Der Preis ist 15 Thlr.

Für die Anwendung des Apparates bemerke ich noch Folgendes: Man füllt das Element, indem man den im Centrum des auf der linken Seite befindlichen Glasgefässes stehenden Verschluss der Thonzelle herauszieht und in die letztere eine concentrirte Lösung käuflichen Salmiaks giesst, bis die Flüssigkeit nicht mehr sinkt. Man schüttet dann noch 1 Loth Salmiak nach und verschliesst das Element wieder durch Einstecken des Stöpsels. Hat das Element 1 Tag gefüllt gestanden, so arbeitet der Apparat bei richtiger Verbindung mit dem Elemente sogleich, wenn man die auf dem schwarzen Deckbrett links befindliche Kurbel nach links verschiebt. Die rechterseits befindliche Feder dient zur Ertheilung einzelner Schläge. Der in der Mitte befindliche Commutator gibt nach rechts geschoben den primären, nach links geschoben den secundären Strom.

Hiermit wäre die Liste der empfehlenswerthen Apparate noch nicht erschöpft, denn die grossen Apparate von Duchenne, Erdmann, M. Meyer, Baierlacher u. A. sind ebenso, ja in mancher Beziehung noch mehr als die oben beschriebenen ihrem Zwecke entsprechend. Dieselben sind aber für das Bedürfniss des Arztes theils zu complicirt, theils zu kostspielig.

Nicht unerwähnt will ich hier jedoch eine Vorrichtung lassen, welche M. Meyer [1]) an seinem Inductionsapparate angebracht hat, um die Stromstärke ohne Anwendung der Hände beliebig verstärken oder abschwächen zu können. An der Vorderfläche des Schrankes, auf welchem der Apparat steht, befindet sich ein bewegliches Fussbrett, welches in jeder Stellung, die ihm der Fuss gibt, verharrt. Von dem vorderen Ende dieses Fussbrettes steigt ein starker Messingdraht perpendikulär auf und tritt in ein durchbohrtes Messingstück ein, in welchem er sich entsprechend den Bewegungen des Fussbrettes auf und nieder bewegt. Dieses Messingstück ist an dem Schranke befestigt und steht mit dem Schlitten in leitender Verbindung. Die Fortsetzung des verticalen Messingdrahtes läuft durch Vermittelung einer horizontalen und verticalen Fortsetzung in ein etwa 6″ langes mit Wasser gefülltes Glasrohr, welches mittelst Messinghalter am Schranke befestigt ist.

---

*) Die Elektricität in ihrer Anwendung auf praktische Medizin. III. Aufl. Berlin 1868 p. 129.

Drückt die Ferse nun das hintere Ende des Fussbrettes hinab, so verschiebt sich mit dessen vorderem Ende der daran befestigte Draht in die Höhe und der mit ihm in Verbindung stehende Moderatordraht erhebt sich aus dem Wasserrohr. Drückt dagegen die Spitze des Fusses das vordere Ende des Fussbrettes hinab, so senkt sich mit dem ganzen Draht gleichzeitig auch der Moderatordraht tiefer in das Glasrohr hinein. Da nun vermöge der Leitungsanordnung der Strom durch das Wasserrohr zu gehen gezwungen ist, so kann man durch Verlängerung oder Verkürzung der interponirten Wassersäule die Stromintensität ganz allmälig und kaum merklich abschwächen oder steigern, und zwar ohne Bewegung der Hände blos durch die Bewegung des Tretbrettes mittelst des Fusses.

III. Apparate zur Anwendung des constanten galvanischen Stromes.

Einen constanten galvanischen Strom liefern selbstverständlich nur die constanten Ketten von Daniell, Siemens, Bunsen und Leclanché. Neuerdings hat man auch die Pincus'schen Elemente für kleine portative Batterien verwendet.

Wirklich constant ist von den genannten Ketten nur die Daniell'sche, und diese ist für ärztliche Zwecke nur in der Siemens'schen Verbesserung anwendbar, welche eine Benützung der Batterie ohne weitere Vorbereitung oder dergl. gestattet, während die gewöhnlichen Daniell'schen Elemente wenigstens einmal täglich vollständig auseinandergenommen und gereinigt werden müssen.

Siemens' ingeniöse Verbesserung des Zinkkupferelementes besteht in einer beträchtlichen Verdickung des Diaphragmas, sodass dasselbe nicht nur aus Thonzelle, sondern auch noch aus einer dicken Schicht Papiermasse besteht, sowie in der Stellung der Metalle übereinander. Hierdurch sind die chemischen Vorgänge ausserordentlich beschränkt und verlangsamt, und dementsprechend ist die Constanz und Dauer des Stromes enorm vermehrt. An die Stelle der täglichen Reinigung ist eine jährliche getreten, eine Veränderung der Stellung der Metalle etc. hat inzwischen nicht stattzufinden, und

nur alle 1—2 Monate ist, wie in der Natur der Sache liegt, ein Nachfüllen von Wasser und Kupfervitriol nöthig, eine Procedur, die bei 50 Elementen etwa eine Stunde erfordert und ohne Vorrücken oder Auseinandernehmen der Batterie bewerkstelligt wird.

Etwa alle 3—4 Jahre ist ein »Umstopfen« der Elemente, d. h. eine Erneuerung der Papiermasse nöthig, welche, da sie besondere Schwierigkeiten bietet, am besten dem Fabrikanten überlassen wird.

Dass die Ströme bei der beschränkten und verlangsamten Diosmose nur schwach sein können, liegt auf der Hand, allein diesem Mangel ist durch Vermehrung der Zahl der Elemente leicht abzuhelfen.

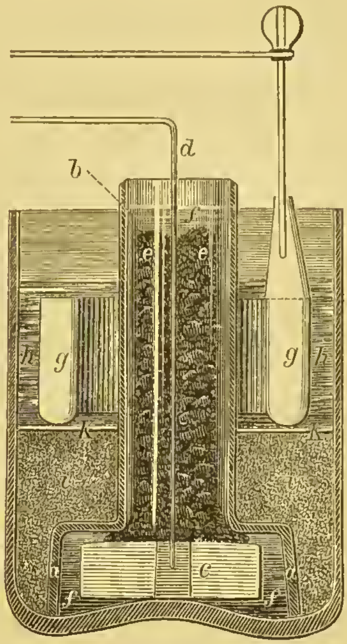
So würden diese Elemente also allen Anforderungen der Wissenschaft und der ärztlichen Praxis genügen, wenn nicht doch ein Uebelstand sich bemerkbar machte. Diese Batterien sind nämlich nicht oder doch nur mit grosser Schwierigkeit transportabel. Dies beruht theils darauf, dass man zur Herstellung mittelstarker Ströme eine grosse Zahl Elemente braucht, theils darauf, dass die Elemente vermöge ihrer Construction (Stellung der Metalle übereinander etc.) einen sehr grossen Umfang und ein sehr hohes Gewicht haben. Ich habe versucht, diesen Uebelständen durch Verkleinerung der Elemente abzuhelfen, allein ganz befriedigend kann ich das Resultat dieser auf meine Veranlassung von den HH. Krüger und Hirschmann in Berlin, sowie von Hrn. Mechanikus Heller in Nürnberg unternommenen Versuche nicht nennen.

Das Siemens'sche Zink-Kupfer-Element.

Jedes Element (vgl. Fig. 11) befindet sich in einem Glase von 15 Ctm. Höhe und 11 Ctm. Durchmesser. Ein in mehrere Schneckenwindungen gebogener, etwa einen Zoll breiter Streifen von Kupferblech (c), an den ein Kupferdraht (d) angelöthet ist, steht auf dem Grunde des Glases mit der Kante auf. Ueber denselben ist eine Thonzelle aa gestülpt, deren Boden einen Ausschnitt besitzt. In letzteren ist ein nach oben über den Rand des Glases hinausragender 2,5 Ctm. weiter Glascylinder (b) eingekittet. Oberhalb der Thonzelle, dieselbe umgebend und bis auf den Boden des Glases reichend, liegt eine Schicht Papiermasse (Papier mâché) (i i), welche

vor dem Einstopfen mit einem Viertel ihres Gewichts an englischer Schwefelsäure übergossen und solange gerührt wird, bis die ganze Masse eine homogene klebrige Beschaffenheit annimmt. Hierauf mit der vierfachen Menge Wassers bearbeitet und sodann unter einer Presse bei starkem Druck von dem überschüssigen sauren Wasser befreit, wird die Masse sehr fest in das Glas, in welches das Kupferblech nebst der Thonzelle und dem Glascylinder eingestellt sind, hineingestopft, so zwar, dass die Schicht des Papier mâché, vom Boden des Glases gemessen, die Höhe von etwa 7 Ctm. besitzt. Der Zinkcylinder (a), welcher 4,5 Ctm. hoch und 1,5 Ctm. dick ist, wird nun auf die Oberfläche der Papiermasse gestellt, auf welche vorher eine zwiefache Lage von Barchent (k k) gelegt ist. Derselbe befindet sich also oberhalb des Kupferblechs und ist von demselben durch ein sehr dickes Diaphragma getrennt, welches sowohl aus der Thonzelle, als aus der durch die concentrirte Schwefelsäure umgewandelten Pflanzenfasermasse besteht. Der innere Glascylinder (b) wird bis oben hin mit Kupfervitriol-Krystallen gefüllt und dann mit concentrirter Kupfervitriol-Lösung bis zur selben Höhe angefüllt, so dass die das Kupferblech umspülende Flüssigkeit stets eine vollkommen gesättigte Kupfervitriol-Lösung darstellt. Alle 4—6 Wochen sind die Kupfervitriol-Krystalle ebenso wie das Wasser aufzufüllen, so dass beides immer in dem Glascylinder sichtbar bleibt. Auf den Zinkcylinder wird einfaches Wasser (h h) gegossen. Dasselbe ist nach Verlauf einiger Monate durch neues zu ersetzen, damit das durch den Strom gebildete schwefelsaure Zinkoxyd stets gelöst erhalten werde. Die zur Bildung des Zinkvitriols nöthige Schwefelsäure wird vermöge des Stroms durch das Diaphragma hindurch transportirt und befreit zugleich die Kupfervitriol-Lösung von der freien Schwefelsäure, welche die Löslichkeit des Kupfervitriols sehr vermindern würde.

Fig. 11.



Nach 6—8 Monaten ist dem den Zinkring umspülenden Wasser ein wenig Schwefelsäure zuzusetzen, wenn die Stromstärke abnehmen sollte, jedoch nur soviel Säure, dass das Wasser auf der Zunge einen schwach säuerlichen Geschmack verursacht. Das Mischungs-Verhältniss von 1 : 30 dürfte vollkommen ausreichend sein.

Sollte das benutzte Kupfervitriol sehr eisenhaltig sein, so wird man gut thun, beim Erneuern der oberen Flüssigkeit auch die unter dem Diaphragma befindliche Kupferlösung, welche alsdann mit der Zeit sehr eisenhaltig wird, abzugiessen und durch neues Wasser zu ersetzen. Dies ist auch schon deshalb nöthig, um die freigewordene Schwefelsäure zu entfernen, was am besten mittelst einer Pipette geschieht. Bei der allgemeinen Reinigung sind auch die Zinkringe etwa alle 6 Monate neu zu verquicken und die Barchent-Lagen, welche durch die im Zink enthaltenen fremden Metalle verunreinigt werden, durch neue zu ersetzen oder mit verdünnter Salpetersäure auszuwaschen.

Bei täglichem Gebrauche und Aufstellung der Batterie in geheiztem Zimmer (vielleicht gar in der Nähe des Ofens) findet starker Verbrauch des Wassers statt. Es ist deshalb vor Allem darauf zu sehen, dass der Zinkcylinder immer mit Wasser bedeckt ist und dass im innern Glascylinder das Wasser und die Kupfervitriol-Krystalle sichtbar bleiben resp. rechtzeitig ersetzt werden. Sehr zweckmässig ist es, um die Verdunstung des Wassers zu beschränken, auf den innern Glascylinder einen Korken zu setzen, in den seitlich eine Furche zur Aufnahme des Drahtes eingefeilt ist, und um den Zinkcylinder feines Sägemehl zu stopfen, sodass das Glas fast bis an den Rand mit feuchtem Sägemehl gefüllt ist. Der Intensität des Stroms thut diese Umhüllung des Zinkes keinen Eintrag, während sie die Verdunstung ganz wesentlich beschränkt.

Die Siemens-Remak'sche Zinkkupferbatterie nebst Stromwähler, Commutator und Galvanoscop aus der Fabrik von Krüger und Hirschmann.

Dieser Apparat besteht aus 50—60 Siemens'schen Elementen, welche in einem von den Fabrikanten eigens für dieselben mitgelieferten Schrank von Fichten- oder Mahagoni-Holz

aufgestellt werden, aus einem Stromwähler (Tableau), welcher mit der Batterie durch Telegraphendrähte verbunden ist und zugleich den Commutator und das Galvanoscop trägt (vrgl. den umstehenden Aufriss in Fig. 12).

Dieser Apparat eignet sich vor Allem für klinische Anstalten und Krankenhäuser sowie für Specialisten. Für praktische Aerzte eignet er sich weniger, weil er intransportabel ist, wenigstens müsste der betr. Arzt, der ihn sich anschafft, noch einen transportablen Apparat daneben führen. Uebrigens aber entspricht er allen Anforderungen und es lässt sich auch jeder andere Apparat damit zweckentsprechend verbinden. Will man . B. den Rheostaten benutzen, so kann man, wenn wie gewöhnlich das Tableau oben auf dem Elementenschranke angebracht ist, den Rheostaten daneben aufstellen und mit ein paar Drähten ganz leicht damit in Verbindung setzen. Die ganze Anordnung ist um Vieles handlicher, wenn der Schrank niedriger und tiefer gemacht wird, wie dies pag. 186 weiter ausgeführt werden wird.

Der Stromwähler (S in Fig. 12) dient zur Regulirung der Stromstärke, indem er mittelst Kurbeldrehung die Verkuppelung von 60 Elementen in jeder Combination, welche zwischen 1 und 60 besteht, gestattet. Dieser Apparat besteht aus einer aufrecht stehenden Platte von Mahagoni-Holz, auf welcher 20 versilberte Knöpfe die Zahl der in sie ausmündenden Elemente angeben, nämlich 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 — 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50. In der Mitte des Brettes befinden sich beiderseits in den Mittelpunkten der beiden durch die Metallknöpfe gebildeten Halbkreise die metallischen Ansätze von zwei federnden, mit Elfenbeingriffen versehenen Kurbeln, deren jede in ihrem Halbkreise von Knopf zu Knopf mit Leichtigkeit fortbewegt werden kann, so dass man durch sie die metallische Verbindung des Stromwenders mit jedem beliebigen Zuleitungsdrahte, folglich mit jeder beliebigen Zahl von Elementen herstellen kann. Stehen beide Kurbeln auf dem mit Null bezeichneten Bolzen, so sind alle Elemente ausgeschlossen. In allen übrigen Stellungen der Kurbeln findet Strom statt, da die Contactknöpfe von den Fabrikanten neuerdings so verbreitert sind, dass sie nur durch einen schmalen Spalt getrennt sind, welcher von der breiten Contactfläche der Kurbel beim Vorschieben überbrückt wird, sodass der Strom nicht unterbrochen werden kann, vielmehr beim Vorschieben

der Kurbel rechterseits gleichmässig von 5 zu 5 El., links von 1 zu 1 El. anschwillt resp. abschwillt.

Die richtige Handhabung des Stromwählers lässt sich am besten aus folgenden Beispielen entnehmen: Steht die Kurbel B 2 auf Null und B 1 auf 2, so sind 2 Elemente in der Kette, und je nachdem B 1 (bei unverändertem Stande von B 2 auf Null) auf 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 oder 10 geschoben wird, bilden 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 oder 10 Elemente die Kette. Steht dagegen die Kurbel B 2 auf 5 und B 1 auf 1 (wie auf der beistehenden Zeichnung), so sind 6 Elemente eingeschaltet und mit jedem Fortschieben von B 2 auf den nächsten Knopf wächst die Zahl der Elemente um 5.

Der **Wechsel der Stromrichtung** geschieht durch den **Commutator** C, mit den Anschlägen N (normal) und W (Wechsel). Sind die Leitungsschnüre in die Klemmschrauben K und Z eingespannt, so geht der positive Strom, wenn die Kurbel des Commutators auf N steht, durch die Klemme K in die dazu gehörige Elektrode, in den Körper und durch die andere Elektrode und Leitungsschnur zum Zinkpol Z. Stellt man dagegen den Kurbelarm des Commutators auf W, so geht der positive Strom in entgegengesetzter Richtung, nämlich von der Klemme Z durch den Körper nach K.

Das **Galvanoscop** (G) gibt die Stärke des Stromes, wenn die Kette durch Aufsetzen der Elektroden auf den Körper geschlossen ist, durch eine entsprechende Ablenkung der Nadel an, jedoch nur dann, wenn der Stöpsel, welcher bei a die Messingblöcke verbindet, ausgezogen ist [1]). Wenn der Stöpsel bei a eingesetzt ist, ist das Galvanoscop, dessen Verbindung mit C und Z aus der Zeichnung ersichtlich ist, ausgeschaltet.

An dem Messingknopf M befindet sich im Innern des Kastens ein kleiner gerader Magnetstab (Compensationsmagnet), mittelt dessen man durch Drehung nach rechts oder links die Nadel, wenn dieselbe bei offener Kette eine gelinde Ablenkung zeigt, wieder in die Mitte einstellen kann.

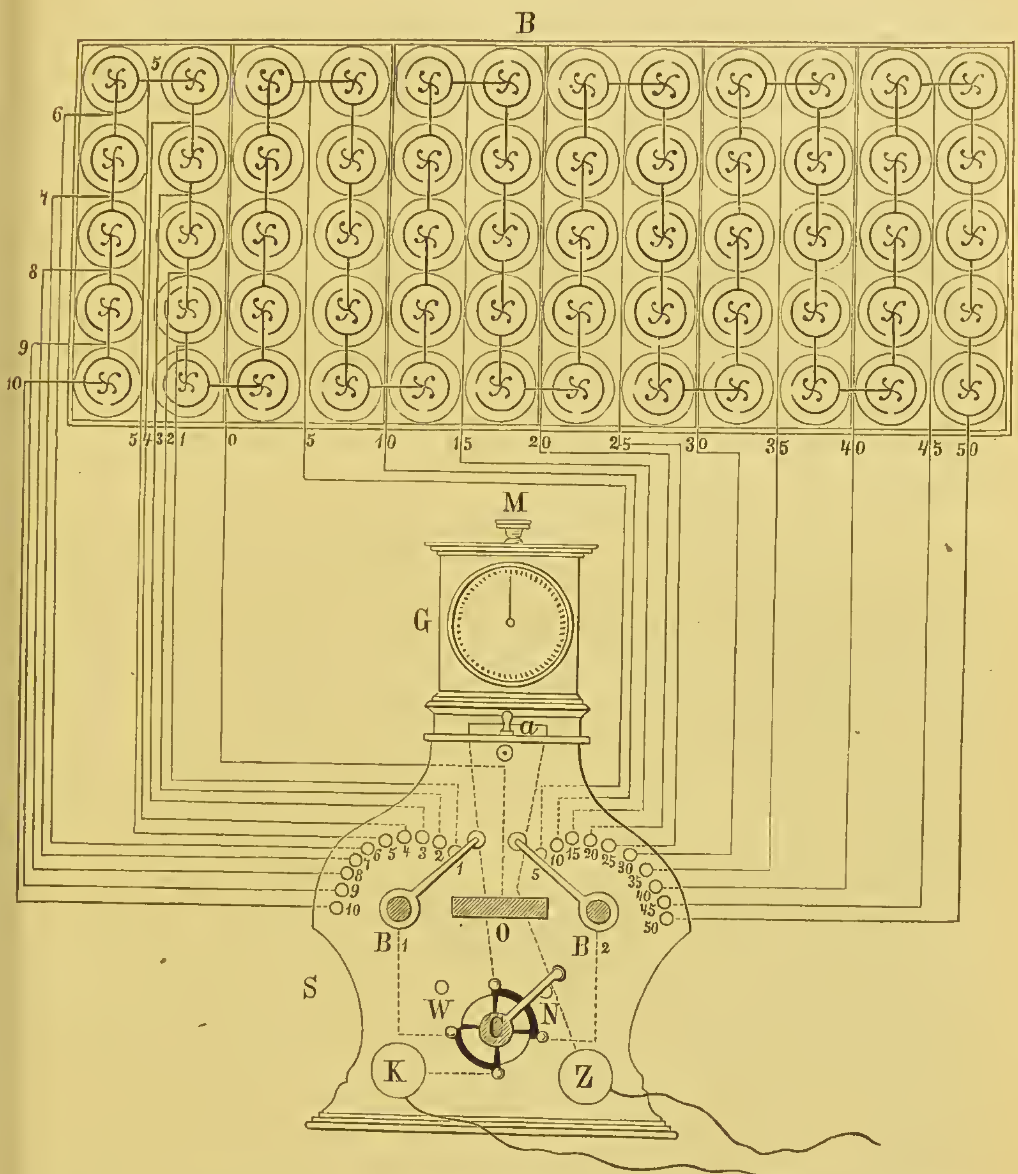
Ueber die Aufstellung der **Batterie** ist Folgendes zu merken: Nachdem die einzelnen Elemente gefüllt und in dem Batterie-

---

1) Zur Aufnahme des Stöpsels während der Einschaltung des Galvanoscops dient ein kleines Bohrloch unterhalb der Messingblöcke.

schranke aufgestellt sind, werden dieselben hinter einander und zwar immer Kupfer mit Zink verbunden. Ist dies geschehen, und der Stromwähler aufgestellt und befestigt, so führt man den

Fig. 12.



ersten Leitungsdraht [1]) vom Kupferpol des ersten Elementes links nach dem Knopfe 10 der Kurbel B 1 und befestigt ihn mittelst

---

1) Man benützt als Leitungsdrähte am besten mit Gutta-percha überzogene Kupferdrähte (Telegraphendrähte).

der Messingmutter an der Hinterwand. Der 2. Draht wird in der Klemme, welcher das 2. Element mit dem 3. Element verbindet, eingelegt und nach dem Bolzen 9 geführt und hier in derselben Weise befestigt. Dasselbe geschieht zwischen dem 3. und 4., 4. und 5., 5. und 6., 6. und 7., 7. und 8., 8. und 9. Elemente und werden die Drähte in entsprechender Reihenfolge mit den Bolzen 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 verbunden. Der Draht zwischen dem 10. und 11. Element wird zu dem mit Null bezeichneten Querbolzen im Centrum des Stromwählers geführt. Vom 11. Elemente beginnend werden nun immer 5 Elemente abgezählt und die Leitungsdrähte zwischen dem 15. und 16., dem 20. und 21., dem 25. und 26., dem 30. und 31., dem 35. und 36., dem 40. und 41., dem 45. und 46., dem 50. und 51. und dem 55. und 56. Elemente eingelegt und in derselben Reihenfolge zu den Bolzen 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 und 45 der Kurbel B 2 geführt. Der letzte Draht wird vom Zinkpol des 60. Elementes zu dem Bolzen des Knopfes 50 geleitet.

Da die Sache ziemlich complicirt ist, so rathe ich jedem mit der Aufstellung noch nicht ganz Vertrauten, sich bei derselben strenge an das in Fig. 12 gegebene Schema der Batterie zu halten, weil alsdann Irrthümer in der Führung der Drähte nicht vorkommen können. Nach dem Schema erscheinen übrigens die Leitungsdrähte 9, 8, 7 etc. mit dem Verbindungsdraht zwischen dem Zink des 10. und dem Kupfer des 9. Elementes verkuppelt, allein in Wirklichkeit wird der Draht 9 einfach in die Klemmschraube des Zinks vom 10. und der Draht 8 in die Klemme des Zinks vom 9. Elemente u. s. w. eingeschraubt.

Das Hantieren in dem von Krüger und Hirschmann gelieferten Schranke ist übrigens etwas unbequem, weil die Fächer so niedrig sind, dass man mit den Händen und Vorderarmen fortwährend anstösst, die Schraubenmuttern in die Elemente fallen lässt und sich auch beim Nachfüllen des Wassers und Kupfervitriols mit den betreffenden Gefässen nicht rühren kann. Ich rathe deshalb den Fabrikanten, den Schrank etwas tiefer machen zu lassen, damit 3 Reihen Elemente hinter einander Platz finden und dann nur 2 Abtheilungen zu machen, eine obere und eine untere. Damit wird auch der Schrank im Ganzen etwas niedriger, mehr commodenähnlich, wodurch die Handhabung des Stromwählers, des Rheostaten u. a. Instrumente sehr erleichtert wird.

Brenner's Modification des Siemens-Remak'schen Apparates.

Brenner hat den im Vorstehenden beschriebenen Remak'schen Apparat theils modificirt, theils erweitert[1]).

Modificirt ist zunächst das Tableau, insofern Brenner statt der stromwählenden Kurbelvorrichtung die Stöpselvorrichtung eingeführt hat. B. hebt als wesentlichen Vorzug dieser Veränderung hervor, einmal dass die Stöpselung die einzig sichere Art des Kettenschlusses darstellt, andererseits, dass man Schwankungen der Stromintensität (während der Anwendung des Stromes am menschlichen Körper) nach oben wie nach unten ohne Unterbrechung des Stromes herstellen kann, indem man höher oder tiefer einen dritten Stöpsel einsetzt. Indessen kann ich mich von der Bedeutung dieser Vorzüge nicht überzeugen. Der Kurbelverschluss, wie er neuerdings durch Krüger und Hirschmann geliefert wird, besitzt dieselbe Sicherheit des Schlusses und macht eine Unterbrechung des Stromes beim Anschwellen und Abschwellen unmöglich. Es sind nämlich die Contacte auf dem Tableau so breit, dass sie nur einen sehr schmalen Spalt zwischen sich lassen, und andererseits ist die Contactfläche an der Kurbel so breit, dass dieselbe beim Uebergang von einem Contact zum anderen den zweiten berührt, ohne den ersten verlassen zu haben. Auf diese Weise ist eine Unterbrechung unmöglich.

Nun ist aber die Handlichkeit eines Kurbelverschlusses gegenüber der eines Stöpselverschlusses unbestreitbar. Selbst wenn man im Stöpseln sehr geübt ist, bedarf es doch einer ziemlichen Aufmerksamkeit und genauen Zusehens, um den Stöpsel in das rechte Loch zu bringen. Wie leicht dagegen ist die Verschiebung der Kurbel! Man braucht kaum hinzusehen.

Ich habe aus diesen Gründen auf dem von mir benutzten Brenner'schen Apparaten-Complex statt des hohen Tableaus mit Stöpselvorrichtung ein niedriges Tableau mit Kurbelvorrichtung anbringen lassen.

---

1) Untersuchungen und Beobachtungen auf d. Gebiete der Elektrotherapie. Leipzig 1868/69, Bd. I pag. 46–59, Bd. II pag. 3—27.

Eine weitere Brenner'sche Modification ist die Vereinigung sämmtlicher bei der Anwendung der beiden elektrischen Ströme in Gebrauch kommenden Apparate auf einer Tischplatte. Insbesondere ist sehr praktisch und angenehm, dass man beide Stromesarten aus denselben Klemmschrauben ziehen kann, sodass man die Leitungsschnüre und die Elektroden unverändert in derselben Lage beibehalten kann, während die Verschiebung der betr. Einschaltungskurbeln den inducirten Strom statt des galvanischen oder umgekehrt einschaltet.

Rheostat (vgl. Fig. 13). Dieser Siemens'sche Widerstandsmesser ist dem ärztlichen Armamentarium aus den Telegraphen-Instituten zugewachsen und zuerst von Brenner für elektrodiagnostische und -therapeutische, besonders otiatrische Untersuchungen verwendet worden. Der Praktiker, der die difficileren elektrischen Behandlungen von Ohren- und Augenkrankheiten doch dem Specialisten überlässt, kann ohne den Rheostaten auskommen, allein für feinere pathologische Untersuchungen, sowie für die Elektrotherapie an den höheren Sinnesorganen und am Gehirn ist der Rheostat unentbehrlich, weil keine Vorrichtung eine so feine Graduirung der Stromstärke ermöglicht als dieser Apparat [1]).

Der Siemens'sche Rheostat besteht aus verschiedenen Rollen von Neusilberdraht, deren Länge einer bestimmten Zahl von Siemens'schen Widerstandseinheiten entspricht. Als Siemens'sche Widerstandseinheit bezeichnet man bekanntlich den Widerstand, welchen eine Säule chemisch reinen Quecksilbers von 1 □ Mmtr. Querschnitt und 1 Meter Länge bei 0^0 Temperatur darbietet.

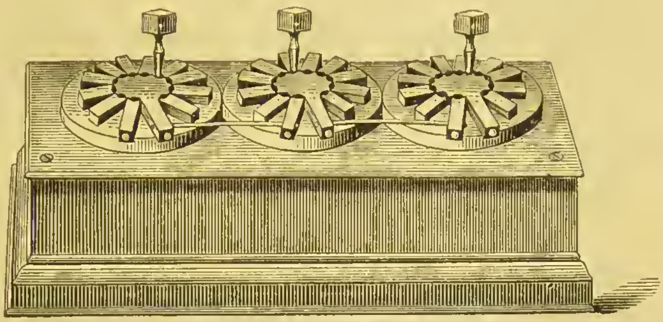
Die Widerstands-Grössen in dem Rheostaten werden übri-

---

1) Ich bemerke übrigens hier, dass die zu elektrotherapeutischen Zwecken gelieferten Rheostaten nicht so absolut genau sind als die grossen Siemens'schen Rheostaten der physikalischen Cabinete. Es ist dies übrigens auch nicht einmal nothwendig. Die Vergleichung meines von Krüger und Hirschmann gelieferten Rheostaten mit einem grossen Siemens'schen im physikalischen Cabinet des K. Polytechnikums in München, welche ich vor längerer Zeit mit Hülfe meines verehrten Collegen Beetz, vornahm, ergab folgende Differenzen:

gens je nach Bedürfniss resp. Bestellung verschieden geliefert. Mein Rheostat umfasst im Ganzen nur 1110 S.-E., d. h. er besitzt zehn Rollen mit Einern (1—10), weitere zehn Rollen mit Zehnern (10—100) und endlich zehn Rollen mit Hundertern (100—1000).

Fig. 13.



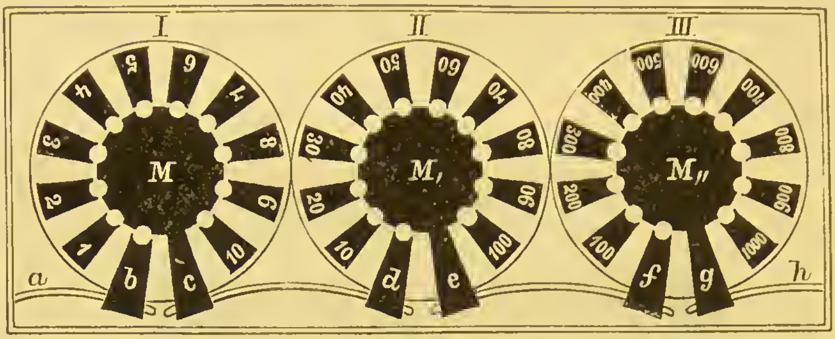
Andere Rheostaten umfassen grössere Widerstände, z. B. Brenner's 2100 W.-E. — Darauf kommt übrigens nicht viel an — ein Rheostat mit 1110 W.-E. genügt vollständig. Er gestattet eine Graduirung der Stromstärke von 1—1110 W.-E. und liefert deshalb die feinsten Schwankungen, wobei man ja die Stärke des Hauptstroms durch Verminderung oder Vermehrung der eingeschalteten Elemente noch ausserdem verändern kann.

Erlangen		München	Erlangen		München	Erlangen		München
1	=	1,02	10	=	10,24	100	=	100,9
2	=	1,97	20	=	20,30	200	=	201,9
3	=	3,04	30	=	30,48	300	=	303,5
4	=	4,10	40	=	40,59	400	=	402,5
5	=	5,08	50	=	50,50	500	=	504,7
6	=	6,21	60	=	60,82	600	=	606,5
7	=	7,11	70	=	70,85	700	=	707,0
8	=	8,45	80	=	81,09	800	=	808,0
9	=	9,20	90	=	91,10	900	=	909,5
10	=	10,11	100	=	101,2	1000	=	1008,5.

Man wird also bei wichtigen Widerstandsbestimmungen zunächst den Rheostaten mit einem Siemens'schen Normal-Widerstandsmesser vergleichen und die sich ergebenden Differenzen mit in Rechnung ziehen müssen, wie dies von mir bei der Berechnung der Widerstandsgrössen der Bulbi, des Gehirns u. s. w. geschehen ist.

Aus der nebenstehenden schematischen Zeichnung (Fig. 14) wird die Anwendung und Leistung des Rheostaten ersichtlich

Fig. 14.



sein. Derselbe wird am besten ein für alle Mal als Nebenschliessung eingeschaltet, so dass die Klemmschrauben K und Z des Tableaus (vgl. Fig. 12 pag. 185) nicht nur die Leitungsschnüre, welche den Strom zu den Elektroden und dem menschlichen Körper führen, sondern auch die Enddrähte a und h (Fig. 14) des Rheostaten aufnehmen. Wird nun die Kette auf dem Körper des Patienten geschlossen und stecken in dem Rheostaten in I, II und III je ein Stöpsel, so stehen dem Batteriestrom 2 Wege offen: Der eine geht durch den Rheostaten, der andere durch die Leitungsschnüre und den menschlichen Körper. Da nun bei verzweigten Strömen die Stromstärken in den einzelnen Zweigen sich umgekehrt verhalten wie die Widerstände in denselben, so muss die Intensität des durch den Rheostaten gehenden Stromzweiges um so geringer und dem entsprechend die Intensität des durch den Körper gehenden Stromzweiges um so grösser sein, je grösser die Widerstände im Rheostaten sind. Mit anderen Worten: Bei grossen Widerstandszahlen am Rheostaten gehen hohe Stromstärken durch den Körper, bei niederen Widerstandszahlen am Rheostaten gehen niedere Stromstärken durch den Körper des Patienten.

Einige Beispiele werden das Verständniss erleichtern, jedoch will ich denselben eine kurze Beschreibung des inneren Baues des Rheostaten voranschicken.

Unter jedem mit einer Zahl versehenen Metallblöckchen befindet sich eine Rolle von übersponnenem Neusilberdraht, dessen

Länge genau den auf dem Blöckchen verzeichneten Widerstand nach Siemens'-Widerstandseinheiten repräsentirt. Die Mittelstücke M, M, und M,, sind Messingplatten mit halbkreisförmigen Ausschnitten zur Aufnahme des Stöpsels, welcher das betr. Blöckchen mit dem Mittelstück und dadurch mit dem ableitenden Stücke c, e oder g in leitende Verbindung setzen soll.

Werden die 3 Stöpsel in die Blöcke b, d und f eingesetzt, so besteht gar kein Widerstand im Rheostaten, der Strom geht dann von der Klemme K (Fig. 12) durch den Draht a nach b (Fig. 14), von hier durch Vermittelung des Stöpsels nach M und durch c nach d, von hier durch Vermittelung des Stöpsels nach M, und e; von hier nach f und durch den Stöpsel nach M,,, g und durch den Draht h nach Z am Tablean. Die Kette (von vielleicht 10 Elementen) ist also in sich geschlossen, und da im Rheostaten gar kein Widerstand besteht, so geht die ganze Stromstärke durch diesen und Nichts vom Strom durch den in die Hauptschliessung eingeschalteten Körper.

Setzt man die Stöpsel etwa bei 3, 30 und 300 ein, so muss der von K durch a kommende Strom von b aus durch die Widerstände 1, 2 und 3 nach M und durch c nach d, von hier durch die Widerstandsdrähte 10, 20, 30 nach M,, e, f und von hier durch die die Widerstände 100, 200 und 300 nach M,,, g und durch h nach Z. Es sind jetzt also 333 Siemens'sche Widerstands-Einheiten in der Nebenschliessung eingeschaltet und dementsprechend geht ein grosser Theil des Stromes durch die Hauptschliessung, d. h. durch den Körper.

Setzt man endlich vielleicht die Stöpsel bei 10, 100 und 1000 ein, so sind 1110 S.-Widerstandseinheiten eingeschaltet. Dieser Widerstand ist sehr beträchtlich grösser als der Widerstand, den der in der Hauptleitung eingeschaltete Körpertheil bietet, somit geht nur ein kleinster Theil des Stromes durch den Rheostaten, während die grösste Intensität durch den Körpertheil geht. Der ganze Strom endlich geht durch den Körpertheil, wenn aus einem der 3 Hauptkreise I, II, oder III der Stöpsel ganz herausgenommen wird, weil in diesem Fall die Leitung im Rheostaten vollständig unterbrochen ist und nun für die Abgleichung des Stromes nur die Hauptschliessung, d. i. der menschl. Körper, übrig bleibt. Dies ist bei der therapeutischen Verwendung des Rheostaten wohl

zu beachten, da man sonst durch Herausziehen eines der 3 Stöpsel dem Pat. vielleicht einen heftigen Schlag versetzt. Zum An- oder Absteigenlassen der Stromstärken, während die Elektroden am Körper stehen, braucht man unbedingt einen vierten Stöpsel, nach dessen Einsatze erst der 3. ausgezogen werden darf.

Man ersieht aus dem Vorstehenden leicht, wie fein die Gradation der Stromstärken mittelst des Rheostaten hergestellt werden kann, und wie wichtig, ja nothwendig diese Vorrichtung für die galvanische Untersuchung und Behandlung der höheren Sinnesorgane und des Gehirns ist. Brenner hat sich durch die Einführung des Rheostaten in das elektro-diagnostische und -therapeutische Armamentarium ein wirkliches Verdienst erworben.

Der **selbstthätige Unterbrecher** sowie das **Rheotom**, welche Brenner ebenfalls in sein elektrisches Armamentarium aufgenommen hat, sind dagegen entbehrlich, und zwar nicht blos für die elektrotherapeutische Praxis, sondern auch für die meisten pathologischen und diagnostischen Untersuchungen.

Der **selbstthätige Unterbrecher** [1]) ist nach dem Vorbilde der früher auf den Telegraphenstationen gebräuchlichen Zeigertelegraphen mit kreisförmig gestellter Tastenclaviatur construirt. Derselbe wird durch eine besondere Batterie aus 2 hinter einander geschalteten Leclanché-Elementen getrieben. Ein Stöpsel, rechts vom Apparat angebracht, setzt durch Herstellung der Leitung den Unterbrecher in Bewegung, wobei die Schnelligkeit der Unterbrechungen durch eine Schraube mittelst Schlüssel regulirt werden kann. Durch eine Verschiebung des oben links angebrachten Umschalters kann die kleine Unterbrecherbatterie ausgeschaltet und die Hauptbatterie eingeschaltet werden, sodass diese nun mit einer beliebigen Anzahl von Elementen den Unterbrecher treibt. Die Schnelligkeit der Unterbrechungen hängt alsdann ab von der Verstöpselung des Rheostaten, so zwar, dass bei niederen Widerstandsziffern langsame Unterbrechungen, bei höheren Widerständen rasche Unterbrechungen, bei einfacher durchlaufender Verstöpselung ohne Widerstandseinschaltung gar keine Unterbrechung stattfindet.

Endlich hat Brenner in seinem Apparat den Unterbrecher

---

1) cf. Brenner, Untersuchungen Bd. II p. 14 ff.

auch für den Inductionsstrom verwendet, um beliebig langsame Unterbrechungen des Stromes zu erzielen.

Allein alle diese Vorzüge sind nicht von der Art, dass sie das complicirte Instrument unentbehrlich machen sollten, und enthalte ich mich deshalb einer eingeheuderen Beschreibung des inneren Unterbrechungs-Mechanismus und der Leitungsverhältnisse um so lieber, als der Specialist oder Krankenhausarzt, welcher den vollständigen Brenner'schen Apparat anschafft, sich über das Detail in Brenner's Werk genauer orientiren kann.

Das **Rheotom** oder Spiralrheotom ist ebenfalls entbehrlich. Dasselbe stammt aus dem Instrumentarium der physiologischen Institute und ist zuerst von Adolf Fick[1]) beschrieben und abgebildet worden. Dasselbe besteht aus einem um eine Axe drehbaren und durch eine stählerne Spiralfeder getriebenen Messingbälkchen, an dem auf dem einen Ende ein kurzer senkrecht stehender Arm mit Contactfläche angebracht ist. Indem der Balken mit bestimmter Geschwindigkeit um die Axe rotirt, schleift der Contact momentan über einer dreieckigen, mit der Spitze nach dem Centrum gerichteten Neusilberplatte hinweg, und schliesst oder unterbricht den Strom (je nachdem das Rheotom in die Hauptschliessung eingeschaltet oder als Nebenschliessung angebracht ist) eine längere oder kürzere Zeit, deren Dauer durch Rechnung bestimmt werden kann. Je nachdem man das Metalldreieck in der Fussplatte des Rheotoms nach dem Centrum vorschiebt oder von demselben entfernt, dauert der Contact längere oder kürzere Zeit.

In dem Brenner'schen Apparaten-Complexe ist diese Vorrichtung der Art angebracht, dass man dieselbe durch Stöpselung sowohl in die Hauptschliessung einschalten als auch als Nebenschliessung benutzen kann.

Man ersieht aus dieser kurzen Beschreibung, wie beschränkt die Leistungsfähigkeit dieses Instrumentes ist. Man wird hiernach meinen obigen Ausspruch, dass dasselbe entbehrlich sei, für um so berechtigter erachten, je mehr die Zahl der für eine wis-

1) Untersuchungen über elektrische Nervenreizung. Braunschweig 1864, und Medicinische Physik II. Aufl. 1866 p. 425.

senschaftliche Elektrotherapie nöthigen technischen Hülfsmittel ohnehin von Jahr zu Jahr wächst.

Im Uebrigen ist der Brenner'sche Apparaten-Complex höchst zweckmässig eingerichtet. Der Stromwender (Commutator), welcher frei steht, hat eine Veränderung zum Bessern erfahren, welche die Unterbrechung beim Stromwechsel auf ein Minimum reducirt. — Die Ein- und Ausschaltung des Inductions- und des constanten oder unterbrochenen galvanischen Stroms ist höchst bequem eingerichtet.

Für denjenigen Arzt also, der für sich oder für sein Hospital den Brenner'schen Apparat anschaffen will, dürfte es sich empfehlen, denselben ohne Rheotom und selbstthätigen Unterbrecher zu bestellen. Nicht nur wird der Preis dadurch erheblich erniedrigt, sondern es kann alsdann auch die Tischplatte, auf welcher die Apparate angebracht sind, bei gleicher Breite an Tiefe verlieren, wodurch die nahe der Wand stehenden Apparate der Hand leichter erreichbar werden, als dies bei der jetzigen gleichseitig-viereckigen Gestalt der Platte der Fall ist[1]).

Die Leclanché-Batterie von Keiser und Schmidt in Berlin.

Ich reihe diese Batterie der Siemens'schen unmittelbar an, weil sie ebenfalls untransportabel ist. Sämmtliche transportable

---

1) Der Preis des ganzen Brenner'schen Apparaten-Complexes mit 4 Leclanché- und 60 Siemens-Elementen in Schrank beträgt jetzt, nach einer brieflichen Mittheilung der Fabrikanten Krüger und Hirschmann, 275 Thlr. Dieser Preis würde sich durch Hinweglassung des Spiralrheotoms sowie des selbstthätigen Unterbrechers nebst den dazu gehörigen 2 Leclanché-Elementen und Leitung um 55—60 Thlr. vermindern.

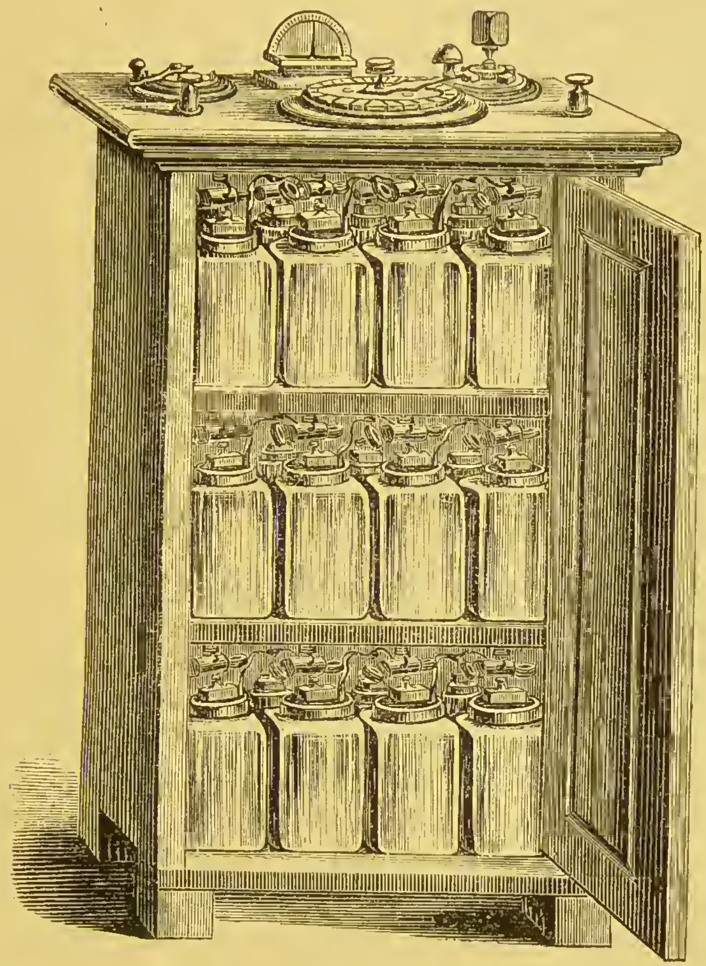
Ein Remak'scher Apparat mit 50 S.-Elementen, welche ausreichen, in Schrank, mit Tableau und Nebenapparaten (ohne Rheostat) kostet ca. 110 Thlr.

Genauere Angaben über die Preise der einzelnen Bestandtheile und Nebenapparate findet man in dem Preisverzeichniss für elektrotherapeutische Heilapparte, welche Krüger und Hirschmann (Berlin, Simeonsstrasse 20) auf Verlangen übersenden.

Apparate, darunter auch die kleinen Siemens-Batterien, werde ich nachher zusammenfassen.

Diese Batterie besteht aus 24 grossen Leclanché-Elementen, welche in einem Schränkchen von der Höhe und Grösse eines Tischchens aufgestellt sind. Auf der oberen Platte des Schränk-

Fig. 15.



chens befindet sich ein Stromwähler in Zifferblattform mit rotirendem Zeiger, ein kleines Vertical-Galvanometer mit Ausschaltungskurbel, ein Stromwender und 2 Klemmschrauben zur Aufnahme der Leitungsschnüre.

Das Ganze ist solide und zweckmässig hergestellt und der Preis (75 Thlr. mit Nebenapparaten) mässig. Ich habe auch keinen Zweifel, dass der Strom bei geringem Gebrauche und sorgfältiger Vermeidung jedes unnöthigen Kettenschlusses lange Zeit

kräftig bleiben kann; allein ob eine einmalige Neufüllung per Jahr genüge und ob die Batterie hierbei bis zu 10 Jahren wirksam bleibe, muss doch erst durch die Erfahrung festgestellt werden. Ich bemerkte bisher immer, dass der Strom von Leclanché-Batterien, wenn dieselben fleissig benutzt werden, sehr rasch sinkt und sehe deshalb meine Bedenken gegen die Verwendbarkeit der Kohlen-Braunstein-Elemente für constante Batterien noch immer nicht als beseitigt an.

Sollten sich diese Batterien als constant und dauerhaft bewähren, so würden dieselben zweifellos vermöge ihrer Stromstärke, ihrer rel. geringen Dimensionen, der Sauberkeit, Einfachheit und Billigkeit ihrer Unterhaltung den Vorzug vor den Siemens-Elementen verdienen.

Uebrigens mache ich hier doch noch einmal auf einen Uebelstand aufmerksam, dessen ich schon oben (pag. 174) Erwähnung gethan habe, nämlich auf die Entwickelung des Ammoniaks, vermöge dessen die Batterien im Zimmer sich durch üblen Geruch bemerklich machen. Auch hierüber müssen erst weitere Erfahrungen gesammelt werden, ehe wir die Leclanché-Batterien unbedingt empfehlen können.

Die transportablen Batterien.

Die Transportabilität der Batterien für den constanten Strom ist eine Forderung, welche der praktische Arzt vor Allem an die Technik stellen muss. Denn nur dadurch wird es ihm bei den gewöhnlich beschränkten Verhältnissen möglich, den galvanischen wie den inducirten Strom bei allen Affectionen anzuwenden, bei denen er indicirt ist. Bewegt sich die ärztliche Praxis in grösseren Verhältnissen, so ist freilich die Anschaffung eines Apparates durch den Patienten selbst ein Auskunftsmittel, welches sich sehr dringend empfiehlt. Es handelt sich in solchen Fällen, wo die Kranken das Haus resp. das Bett nicht verlassen können, doch meist um langwierige Affectionen, welche eine monate-, ja selbst jahrelange Anwendung des Stromes nöthig macht. Hier rentirt sich nicht nur für den Patienten die Anschaffung eines eigenen Apparates, sondern sie bringt auch die Annehmlichkeit mit sich, dass der Patient selbst oder dessen Angehörige die Application des Stromes nach gehöriger Instruction vornehmen können, und

dass dies, wenn nöthig, mehrmals am Tage geschehen kann, was, wie ich später ausführen werde, sich bei den Neuralgien im Allgemeinen empfiehlt.

Die transportablen Siemens-Batterien.

Auf meine Veranlassung sind von den Mechanikern Krüger und Hirschmann in Berlin, Heller in Nürnberg und Raabe, Gehülfen am physikalischen Cabinet der Universität Erlangen, Versuche mit der Herstellung transportabler Batterien von kleinen Siemens'-Elementen angestellt worden. Diese Versuche haben folgende nur in gewisser Hinsicht befriedigende Resultate geliefert.

Apparate von 40 kleinen Elementen gaben einen für alle Fälle genügenden und ausdauernden Strom. Krüger und Hirschmann haben diese 40 Elemente à 9 Ctm. Höhe in 2 aufeinander stellbare Kästen à 20 Ell. aufgestellt, welche einzeln immer noch 15 Kilo, zusammen also 30 Kilogr. wiegen, während die ganze Batterie, aus 8 Ctm. hohen Elementen bestehend, $22^{1}/_{2}$ Kilogr. wiegt. Der Gesammtapparat ist 20″ hoch und 17″ breit. Jedes einzelne Element ist 9 resp. 8 Ctm. hoch (die grossen Siemens-Elemente für die Standbatterie sind 16 Ctm. hoch) und sind zur Verhütung des Verschüttens der Flüssigkeiten beim Transportiren mit einem Korkstöpsel auf dem innern Glascylinder und mit Sägemehl um das Zink (bis zur festen Ausfüllung des ganzen Raumes oberhalb der Pappmasse bis fast zum Rande des Glases) versehen. Diese transportablen Apparate kosten bei Krüger und Hirschmann mit Stromwähler, Stromwender und Galvanoscop 75 resp. 55 Thlr. —

Die Mechaniker Heller in Nürnberg und Raabe in Erlangen fertigen diese kleineren Batterien zu einem erheblich billigeren Preise an und liefern sie zu jeder Elementenzahl von 15—40 und fordern (mit Einschluss des Preises für Kasten, Stromwähler und Commutator) für jedes Element ca. einen Gulden. Hiernach kann man sich den Preis jeder Batterie nach der Zahl der Elemente ungefähr berechnen [1]. Die kleinen Batterien von 15—30

---

[1]) Heller liefert Apparate zu 15 El. (21 fl.), 20 El. (25 fl.), 30 El. (32 fl.) und 40 El. (42 fl.).

Elementen eignen sich besonders zur Anschaffung Seitens solcher Patienten, welche an Neuralgien leiden, weil für solche Fälle sehr schwache Ströme genügen. Die Einrichtung der Batterien ist selbstverständlich dem niederen Preise entsprechend einfach.

Raabe liefert nicht nur kleine, sondern auch grosse S.-Elemente in einzelnen Kästen (zu je 10 Elementen), welche zu mehreren übereinander gesetzt werden können und eine bequeme Verkuppelung der Elemente von einem Kasten zum andern gestatten. Der oberste Kasten enthält die 10 Elemente für die Einer des Stromwählers, und der Deckel trägt Galvanoscop, Stromwähler und Stromwender.

Diese Einrichtung, welche Herr Raabe auf meine Veranlassung vornahm, bezweckt einmal die Transportabilität des Apparates, wenigstens der einzelnen Kästen, und die Möglichkkeit, dass jeder Arzt sich eine grosse Batterie allmälig — Kasten für Kasten — anschaffe. Vollständige Batterien von grossen S.-Elementen lieferte R. wiederholt für Kliniken, Heilanstalten und prakt. Aerzte in guter Qualität und zu sehr mässigen Preisen (60—90 fl.).

Stöhrer's transportable Zink-Kohlen-Batterien mit Hebevorrichtung und Schlussschieber.

Von den Stöhrer'schen Apparaten für die Elektrotherapie sind die Inductionsapparate längst über die ganze civilisirte Welt verbreitet, und die neuen transportablen Plattenbatterien stehen im Begriff, ihren Schwesterapparaten zu folgen.

Die Batterien mit Tauchvorrichtung, welche ich in der III. Auflage dieses Buches (p. 148) beschrieben und abgebildet habe, gaben einen kräftigen Strom, allein sie hatten auch unläugbare Mängel. Dahin gehörte besonders die Schwerbeweglichkeit des ganzen Apparates und die Polarisationserscheinungen, welche bei der oft unvermeidlichen Berührung der cylindrischen Kohle mit der Innenwand der Zinkcylinder eintraten.

Stöhrer hat nun seit einigen Jahren eine Platten-Batterie von sehr zweckmässiger Einrichtung construirt, welche in grösserem (schwer transportabel) und kleinerem (leicht transportabel) Format[1]) vorhanden ist.

1) Die grössere oder transportable Platten-Batterie Nr. 2

I. Die transportable Plattenbatterie (Nr. 2) mit Schlussschieber und Hebevorrichtung.]

Diese Batterie ist aus 30 resp. 40 Elementen, Kohlen- und Zinkplatten von 5 Zoll Höhe zusammengesetzt. Das Gewicht der gesammten Theile beträgt mit der Füllung ungefähr 42 Pfund.

Fig. 16.

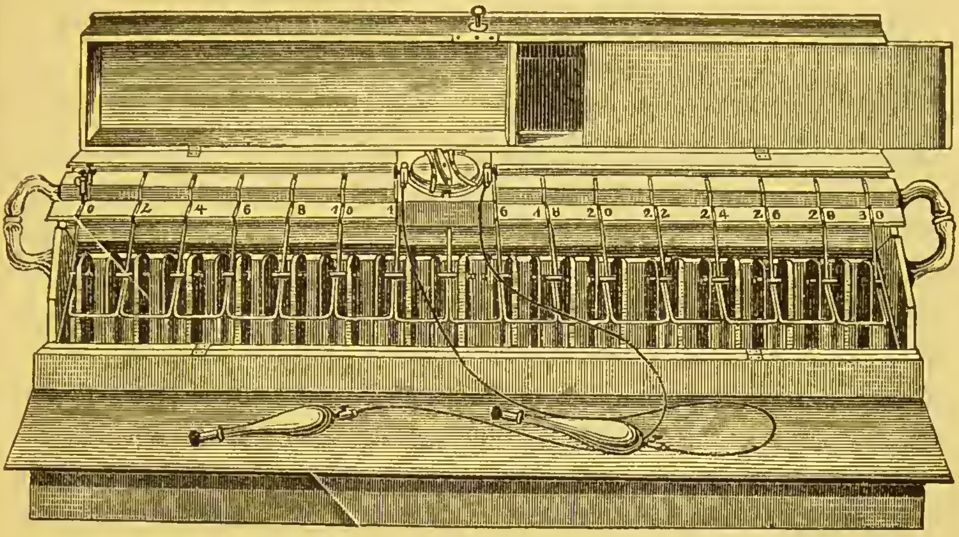


Abbildung in 1/6 der natürlichen Grösse.

Sämmtliche Theile der Batterie mit den Nebenapparaten sind in einem verschliessbaren, mit Handhaben versehenen Kasten von Eichenholz befindlich. Beim Gebrauch der Batterie wird blos der obere kleine Deckel des Kastens geöffnet. Ausserdem ist der Kasten aber noch mit Seitendeckeln versehen, deren vorderer in der Abbildung geöffnet ist, um die Anordnung der Elemente sehen zu können.

Auf dem Boden des Kastens steht ein durch Scheidewand in zwei Theile abgetheilter niederer Kasten. In jeder der Abtheilungen stehen 15 vierseitige Gläser zur Aufnahme der Säure. Der innere Kasten lässt sich von aussen heben und in der höchsten

---

ist mit 30 und 40 Elementen (zum Preise von 36 resp. 40 Thlr.) zu haben; dieselbe Batterie aus 20 Elementen mit grösseren Platten für Elektrolyse kostet 40 Thlr. Die kleinere oder leichttransportable Handbatterie ist mit 20, 30 und 40 Elementen zu einem Preise von 38 resp 56 und 68 Thlr. zu haben.

Stellung befestigen. Zu diesem Zwecke sind an den schmalen Seiten desselben ovale, um eine Horizontalachse drehbare Holzhefte angebracht, welche, durch einen Schlitz des äusseren Kastens ragend, von aussen gefasst werden können. Das obere Ende des Schlitzes im äusseren Kasten endet in einen kreisförmigen Ausschnitt. Wenn nach Hebung die ovalen Holzhefte um einen Viertelskreis gewendet werden, so bleibt der innere Kasten in der höchsten Stellung befestigt. Nach Gebrauch lässt man denselben auf gleiche Weise wieder herab. Es sind diese Theile in der Abbildung nicht sichtbar.

Der oberste Theil des geöffneten Kastens zeigt den Elemententräger mit dem Schlussschieber, auf welchem zugleich der Commutator mit den Schraubenständern für das Einsetzen der Leitungsschnüre angebracht ist. Der Elemententräger besteht aus einer mit Einschnitten und senkrecht hinter letzteren eingebohrten Löchern versehenen Holzschiene, auf deren mit vorspringenden Rändern versehenen Oberseite sich ein Schlitten verschieben lässt. Der Schlitten trägt einen Commutator. Derselbe besteht aus einer drehbaren Holzscheibe, auf welcher zwei gebogene Federn befestigt sind, deren vordere Enden auf den Kanten zweier Bögen von Kupfer schleifen. Letztern gegenüber befinden sich drei Metallknöpfe, auf welche die hintern Enden der gebogenen Federn des Wirbels abwechselnd drücken, wenn man denselben nach rechts oder links wendet. Stellt man den Wirbel rechtwinkelig, so berührt keine der Federn die Knöpfe und ist dann der Strom unterbrochen.

An der untern Seite des Schlittens sind zwei federnde Metallschienen angebracht, welche in die Rinne des Elemententrägers hineinragen. Die beiden äusseren Metallknöpfe des Commutators sind mit der vordern, der mittlere Knopf mit der hintern Metallschiene im Innern des Holzes leitend verbunden.

In der Nähe der Schraubenständer finden sich die Zeichen + (positiv) und — (negativ) eingravirt. Wenn man den Wirbel des Commutators bis zum Anschlag nach rechts oder links wendet, so kommt jedes der vordern Enden der Federn auf eins der obigen Zeichen zu stehen, und es gilt für die Schraubenklemmen dasjenige Zeichen, auf welches die ihnen zunächst stehenden Federn zeigen. Bei der Wendung des Wirbels nach rechts ist demnach die Klemme rechts — (negativ), die Klemme

links + (positiv). Bei der Wendung nach links findet das Umgekehrte statt.

In die Einschnitte des Elemententrägers und die hinter denselben eingebohrten Löcher werden umgebogene starke Drahtbügel gesteckt, deren jeder an einem mit Schrauben und Muttern versehenen Querstücke eine Kohlen- und Zinkplatte trägt.

Durch diese einfache Vorrichtung wird die Kohle des einen mit dem Zink des nächsten Elementes dauernd durch guten Contact verbunden; man kann jedes Paar leicht vom Träger abheben, die Platten nach Befinden abnehmen, reinigen etc., ohne das Ganze auseinander nehmen zu müssen.

Sämmtliche Drahtbügel ragen in der Rinne des Elemententrägers etwas hervor, so dass die federnden Schienen des Schlussschiebers stets ein Paar der gegenüberliegenden Drahtbügel berühren. Diese Metallschienen sind so lang, dass beim Vorschieben des Schlittens das nächste Paar der Drahtbügel schon berührt wird, bevor die vorhergehenden ausser Contact mit den Schienen kommen. Es erfolgt demnach bei dem Gebrauch des Schlussschiebers keine Trennung der Kette, welche für den Patienten stets unangenehme Schläge hervorbringt.

Der Elemententräger ist mit Ziffern von 0 bis 30 versehen und hat man den Schlussschieber so zu stellen, dass die Ziffer der beabsichtigten Anzahl von Elementen *mitten unter demselben* steht, wie auf der Abbildung ersichtlich, wo 14 Elemente eingeschaltet sind. Es ist dies *wohl zu beachten*, weil durch Einstellung des Schiebers mitten zwischen zwei Elementen diese in sich geschlossen werden. wodurch Gasentwickelung, übler Geruch und schnelles Sinken des Stromes entsteht. An beiden Seiten der zwei Reihen von Elementen bei 0 und 30 endet die Batterie in einzelnen Kohlen- resp. Zinkplatten. Bei 30 bleibt die Batterie offen, bei 0 hingegen sind die Drahtbügel, welche die erste Kohle der vorderen und das erste Zink der hinteren Reihe tragen, metallisch zusammenhängend.

Der obere kleine Deckel des Apparates enthält einen Schubkasten zur Aufbewahrung der Nebenapparate. Während des Transportes ist der Kasten geschlossen, die Gläser sind herabgelassen, und da sie nur bis zur Hälfte gefüllt sind, tritt ein Verschütten der Säure nur bei grösster Nachlässigkeit ein.

Die speciell für **Elektrolyse** construirte Batterie Nr. 8 hat ganz dieselbe Einrichtung wie die eben beschriebene Plattenbatterie, nur sind die Platten doppelt so gross und die Gläser von entsprechender Höhe, so dass die eintauchende Oberfläche eine doppelt so grosse wird. Hierdurch entsteht bekanntlich eine bedeutende Erhöhung der kaustischen und zersetzenden Wirkung des Stromes, wie sie bei manchen Fällen der Elektrolyse wünschenswerth ist. In den meisten Fällen wird jedoch auch der Strom der Platten-Batterie Nr. 2 genügen, namentlich wenn man die unten angewendete verstärkte Säuremischung anwendet.

Füllung und Handhabung. Nachdem die Plattenpaare in oben beschriebener Weise mittelst der Drahtbügel in den Elemententräger eingehängt sind, hebt man den Kasten mit den Gläsern und giesst die verdünnte Schwefelsäure ein. Es bleibt oben ein Raum von mindestens 1 Zoll leer. Das Verhältniss der Verdünnung kann 1 Raumtheil Schwefelsäure zu 6 Theilen Wasser sein. Bevor man die Säure eingiesst, schüttet man in jedes Glas eine Prise schwefelsaures Quecksilberoxyd. Hierdurch wird die Wirkung zwar nicht bedeutend erhöht, jedoch erhält sich das Amalgam der Zinkplatten auf längere Zeit, besonders wenn man diesen Zusatz öfters wiederholt und die verdunstete Flüssigkeit durch Zugiessen von Wasser oder zwölffach verdünnter Schwefelsäure ersetzt.

Der Zusatz des Quecksilbersalzes ist nicht unbedingt nöthig, denn auch die Füllung mit verdünnter Säure allein gibt einen mehrere Monate aushaltenden Strom, wenn man dafür sorgt, dass die Zinkplatten stets gut amalgamirt bleiben. Das Letztere ist überhaupt unerlässliche Bedingung, welche bei der Kleinheit der Zinkplatten und der bequemen Zugänglichkeit derselben nur sehr geringe Mühewaltung verursacht.

Die elektrolytische Batterie Nr. 8 sowohl, als die Platten-Batterie Nr. 2, wenn sie zur Elektrolyse gebraucht werden soll, erhalten anstatt des Zusatzes von Quecksilberoxyd einen solchen von Chromsäure (nicht doppelt chromsaurem Kali) in Wasser aufgelöst. Man schütte so viel Chromsäure in Wasser, bis dasselbe eine Rothweinfarbe angenommen hat und gibt in jede Zelle der Batterie Nr. 2 einen, der Batterie Nr. 8 zwei Theelöffel voll von dieser Auflösung. Man kann den Zusatz, ohne die verdünnte

Schwefelsäure zu erneuern, 3 bis 4 Mal wiederholen, sobald man den Strom von grösserer Stärke braucht.

Die Plattenpaare passen zwar in jede der Rinnen, doch hat man darauf zu achten, dass die Drahtbügel auf dem Grunde der Rinnen aufsitzen, damit die Schienen des Schlussschiebers sich ungehindert bewegen können. Man kann diese Schienen mit etwas Oel benetzen, wie die reibenden Theile des Commutators, doch ist es gut, diese sowohl als die Drahtbügel zuweilen zu reinigen.

Die Dauer der Brauchbarkeit ohne neue Füllung richtet sich nach dem selteneren oder häufigeren Gebrauch. Unter gewöhnlichen Umständen, bei täglichem Gebrauch, wird mehrere Monate nichts an der Batterie gethan, als höchstens die verdunstete Flüssigkeit ersetzt. Lässt sich der Strom durch Nachfüllen nicht mehr aufhelfen, so wird eine neue Füllung vorgenommen. Die Elemente werden ausgehoben und in Wasser mit einer Bürste gereinigt. Die Zinkplatten nimmt man ab, wenn sie neu amalgamirt werden sollen. Vor dem Wiederaufsetzen derselben auf den Träger muss alles Quecksilber eingesogen sein; es ist überhaupt nicht nöthig, den oberen Theil der Zinkplatten zu amalgamiren. Die Kohlenplatten muss man ebenfalls abnehmen, wenn sich unter den Berührungsstellen am messingenen Träger Oxyd zeigt, letzteres durch Abbürsten in Wasser entfernen und die Kohlen erst nach dem Trocknen wieder aufsetzen.

Der von Stöhrer neu construirte **Rheostat** besteht aus einem aufrechtstehenden, 30 Centimeter langen, 3 bis 4 Millimeter weiten Glasrohr, an dessen mit Metallfassung versehenem Boden eine kleine Kugel von Zink hervorragt. Durch das obere offene Ende geht ein beweglicher, gut isolirter Zinkdraht unten ebenfalls in eine kleine Kugel von Zink endigend. Zur Seite des Rohres ist eine Metallscala mit Schieber an eine senkrechte Säule angebracht. Der mit Index versehene Schieber ist mit einem, oben umgebogenen Metalldrahte, dessen Ende eine Klemmschraube tragend sich über der Oeffnung des Glasrohres befindet, in Verbindung gebracht. Die Klemmschraube dient zur Aufnahme des Zinkdrahtes, welcher den Bewegungen des Schiebers der Scala genau nachfolgt. Der Apparat ist mit Stativ versehen, auf dessen Fuss sich zwei Klemmschrauben zur Einschaltung in die Leitung befinden.

Man füllt das Glasrohr mit gesättigter Auflösung von schwefelsaurem Zinkoxyd in Wasser, wodurch der nöthige Widerstand erzeugt und alle Polarisation vermieden wird. Die Abdämpfung des Stromes durch den Rheostaten geschieht, indem man denselben in die zum Patienten führende Leitung einschaltet. Schliesslich hat man darauf zu achten, dass beim tiefsten Stande der oberen Zinkkugel sich noch ein ganz geringer Zwischenraum zwischen beiden Kugeln befindet. Die Anwendung einer Abdämpfung durch eine Nebenschliessung, in welcher der Rheostat eingeschaltet wird, kann hierbei nicht Statt finden.

Diese Stöhrer'sche Batterie ist ausserordentlich empfehlenswerth und hat sich mit Recht einer grossen Beliebtheit zu erfreuen. Sie liefert einen kräftigen Strom und ist (wenn auch nicht leicht-) transportabel — zwei Personen tragen sie ohne Schwierigkeit einen weiten Weg —; sie ist ferner von sehr einfacher Construction, sodass jeder Laie damit umgehen lernt, und verhältnissmässig billig. Ein untergeordneter Uebelstand ist die Kleinheit der hölzernen Handgriffe an den Seiten, welche für die Hebung und Senkung der Gläser dienen. Hier wäre ein grösserer und bequemer zu packender Handgriff am Platze.

II. Die leichttransportable Handbatterie mit Hebevorrichtung, Schlussschieber und Commutator.

Diese verhältnissmässig sehr kleinen und leichten Batterien sind für den Transport ausser dem Hause bestimmt, können von einer Person bequem getragen oder zu Wagen mitgenommen werden.

Die Construction derselben ist im Wesentlichen dieselbe wie die der transportablen Platten-Batterie Nr. 2. Die Elemente sind aus Kohlen- und Zinkplatten von 12 Ctm. Höhe und entsprechender Breite zusammengesetzt, welche, an messingenen Haltern befestigt, in die Einschnitte des hölzernen Elemententrägers eingehängt sind. Auf dem Elemententräger verschiebbar befindet sich der Schlussschieber mit Commutator. An der unteren Seite des Schlussschiebers sind zwei metallene federnde Schienen angebracht, welche in eine Rinne des Elemententrägers hineinragen

und die vorspringenden Halter der Elemente metallisch berühren. Diese Metallschienen sind so lang, dass beim Verschieben des

Fig. 17.

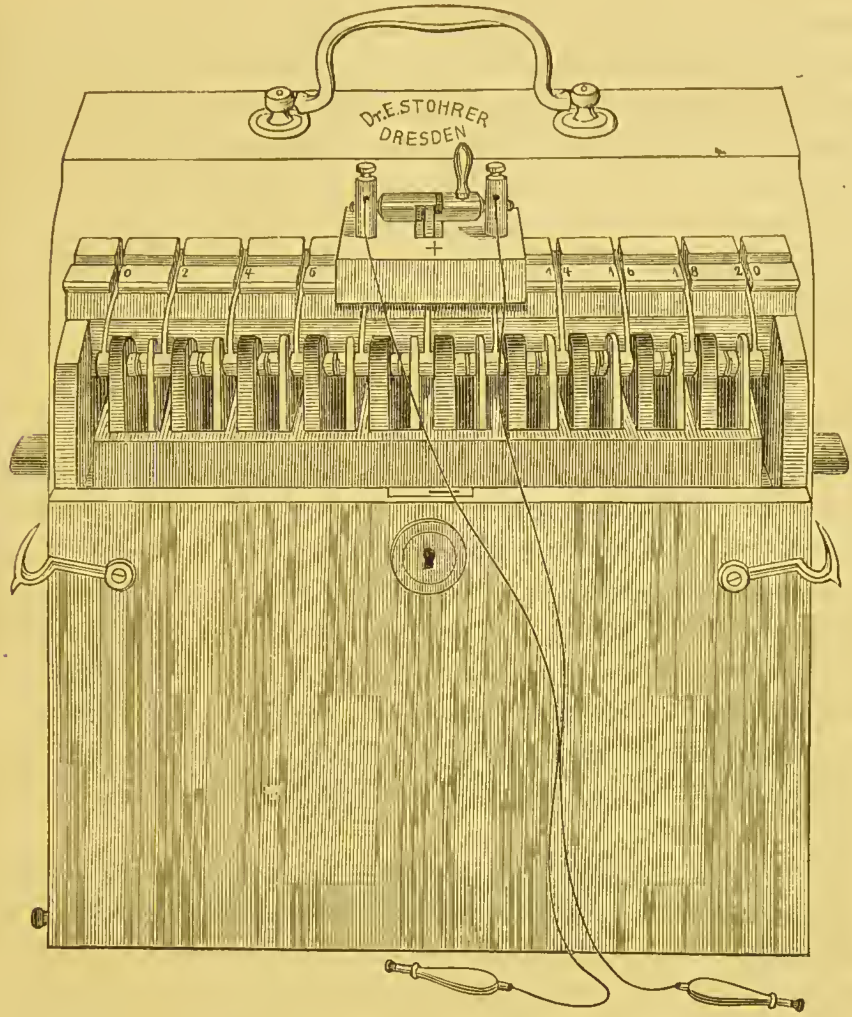


Abbildung in 1/3 der natürlichen Grösse.

Schlittens das nächste Paar der Elementenhalter schon berührt wird, bevor die vorhergehenden ausser Contact treten. Es erfolgt demnach beim Gebrauch des Schlussschiebers keine Trennung der Kette, welche bekanntlich stets unangenehme Erschütterungen hervorbringt. Der auf dem Schlitten angebrachte Commutator, dessen Ständer zur Aufnahme der Leitungsschnüre dienen, besteht aus einer drehbaren Walze von Metall, welche durch einen Kern von Ebenholz in zwei einander überragende Theile getrennt ist.

Letztere werden von zwei Federn, welche mit den erwähnten Metallschienen verbunden sind, berührt. Mittelst eines Heftchens lässt sich die Walze drehen, so dass die Ständer abwechselnd mit der hinteren oder mit der vorderen Metallschiene in Verbindung stehen. Stellt man das Heftchen senkrecht, so treffen die Federn auf das isolirende Ebenholz, wodurch der Strom unterbrochen wird. Die hintere Feder des Commutators steht durch die Metallschiene mit einer Kohle der hinteren Elementenreihe in Verbindung und ist daher mit + (positiv) bezeichnet; die vordere Feder steht ebenso mit einem Zink der vorderen Reihe in Contact und ist mit — (negativ) bezeichnet. An der Stellung der Metallwalze und deren Fortsätzen erkennt man daher sofort, welcher Pol der Batterie den ableitenden Ständern zukommt.

Der Elemententräger ist mit Ziffern bezeichnet, welche von links nach rechts fortschreiten; man hat den Schlitten mitten auf den Einschnitt der beabsichtigten Elementenzahl einzustellen, wie auf der Abbildung ersichtlich, wo 10 Elemente eingeschaltet sind. Es ist dies wohl zu beachten, weil durch Einstellung des Schlittens mitten zwischen zwei Elemente diese in sich geschlossen werden, wodurch starke Zersetzung, Gasentwickelung und übler Geruch entsteht. Kohle und Zink der beiden Reihen der Elemente sind auf der linken mit 0 bezeichneten Seite der Batterie an einem doppelten Elemententräger befestigt, wodurch beide Reihen in Verbindung treten; auf der rechten Seite bleibt die Batterie offen.

Die Säurebehälter dieser Batterien bestehen aus Zellenkasten von Hartkautschuk, welche sich heben und in der höchsten Stellung durch Horizontalstellung zweier Halter von Ebenholz befestigen lassen. Da die Zellen nur bis auf halbe Höhe gefüllt werden, so ist ein Verschütten der Säure nur sehr schwer möglich; sollte dies indessen dennoch geschehen sein, so öffnet man durch Herausziehen eines kleinen Stöpsels von Kautschuk die linke Seite des Kastens und lässt durch langsames Neigen die Säure ausfliessen, bis man Gelegenheit hat, den Kasten zu reinigen.

Im Deckel des Kastens ist ein Behälter für die Stromgeber angebracht, auch ist ein Schlüssel zu den Muttern der Elementenhalter und ein Haken zur bequemen Aushebung der letzteren beigegeben. Die Stromgeber bestehen aus 2 Paaren Heften mit Kohlenknöpfen von $^1/_2$ und 1 Zoll Durchmesser. Die Knöpfe sind

vor Gebrauch in Wasser zu stellen, auch kann man dieselben ausserdem noch mit Leinwand überziehen. Stromgeber für specielle Körpertheile werden besonders berechnet.

Handhabung und Füllung. Beim Empfang der Batterie findet man die Plattenpaare ausgehoben und in den Zellen der Kautschukkästen verpackt. Die umgebogenen Halter passen zwar in jeden Einschnitt, doch thut man wohl, dieselben der Reihe nach so einzusetzen, wie sie verpackt sind, wobei mit dem Doppelhalter auf der linken Seite der Anfang gemacht wird. Nachdem man sich überzeugt hat, dass die Kästen sich ohne Anstoss heben und senken lassen, werden dieselben in der höchsten Stellung befestigt und in jede Zelle eine Prise schwefelsaures Quecksilberoxyd geschüttet. Hierauf wird verdünnte Schwefelsäure so viel eingegossen, dass dieselbe 1 Zoll unter dem Rande steht. Man wählt chemisch reine Schwefelsäure 1 Theil zu 8 bis 10 Raumtheilen Wasser. Der Zusatz des Quecksilbersalzes erhöht zwar die Wirksamkeit nicht erheblich, trägt aber zur Erhaltung des Zinkamalgams viel bei. Nach längerem Gebrauch oder wenn der Apparat lange Zeit nicht gebraucht worden ist, überhaupt sobald man bemerkt, dass an den Zinkplatten Gasentwickelung eintritt, sind letztere von Neuem zu amalgamiren. Man taucht dieselben in ein passendes gewöhnliches Trinkglas mit verdünnter Schwefelsäure so lange ein, bis die Oberfläche überall angegriffen ist, stellt sodann die Platte in eine bereit gehaltene Schaale mit Quecksilber oder übergiesst dieselbe mit einigen Tropfen, welche man mittelst einer Zahnbürste vertheilt. Die Platten werden dann in Wässer abgespült und getrocknet. Der obere, nicht eintauchende Theil der Zinkplatten braucht nicht amalgamirt zu sein, muss aber an den Berührungsstellen mit den Trägern stets rein erhalten und darf nie in noch nassem Zustande angeschraubt werden. Dasselbe gilt von dem Obertheile der Kohlenplatten, welche nur nach sehr langer Zeit eines Aussüssens in warmem Wasser bedürfen, damit dss Zinksalz aus denselben entfernt wird.

Unter gewöhnlichen Umständen, bei täglichem Gebrauch, wird mehrere Monate nichts an der Batterie gethan, als höchstens das verdunstete Wasser durch neues ersetzt. Lässt sich der Strom durch Nachfüllen nicht mehr verstärken, so wird eine neue Füllung vorgenommen. Die Elemente werden ausgehoben und in warmes (nicht heisses) Wasser gestellt, bis sich das etwa an Zink

und Kohle sichtbare Zinksalz aufgelöst hat. Auf keinen Fall dürfen die metallenen Halter gleichzeitig mit in's Wasser gestellt werden. Zeigt sich an den Haltern Oxyd, so muss man die Platten abnehmen, beide Theile reinigen und erst nach völligem Trocknen wieder zusammensetzen.

Da sowohl Kohle als Zink bei Befolgung obiger Regeln ihre Wirksamkeit für immer behalten, so kann ein Ausbleiben des Stromes nur durch eine Unterbrechung der Leitung entstehen. Stellen, welche hierzu Veranlassung geben können und in diesem Falle geprüft werden müssen, sind folgende: 1) zu trockene Stromgeber; 2) Beschädigung der Leitungsschnüre an den Anknüpfungspunkten oder im Innern; 3) Oxydation an den Reibungsstellen der Walze des Commutators; 4) desgleichen an den schleifenden Federn des Schlussschiebers und den vorspringenden Haltern der Elemente; 5) mangelhafte Berührung der Kohlen- und Zinkplatten an der Befestigungsstelle. Am Schnellsten gelangt man in solchem Falle zum Ziele, wenn man mit Hilfe des Galvánoscopes, durch Anhalten zweier langer Leitungsdrähte sowohl die Wirkung der einzelnen Elemente als auch das Fortschreiten des Stromes durch alle Theile der Leitung beobachtet.

Die leichttransportable Beetz-Leclanché-Batterie.

Die Dauerhaftigkeit und Kraft der Leclanché'schen Combination veranlasste Prof. Beetz, eine Säule zu construiren, welche die Dauerhaftigkeit des Leclanché'schen Elementes mit dem geringen Volumen und der Transportabilität der Pincus'schen vereinigt.

Bei der Wichtigkeit dieses Gegenstandes für die Zukunft der Galvanotherapie — denn erst dann wird dieselbe Gemeingut der Aerzte und ein integrirender Bestandtheil des ärztlichen Heilapparates werden, wenn dem Arzte billige, dauerhafte und leicht transportable Batterien geboten werden — halte ich es für geboten, eine kurze Beschreibung dieser Batterie zu geben, wenngleich sie einer länger dauernden Prüfung an Gesunden und Kranken noch nicht hat unterworfen werden können. Ich halte mich wesentlich an die von Beetz[1]) gegebene Be-

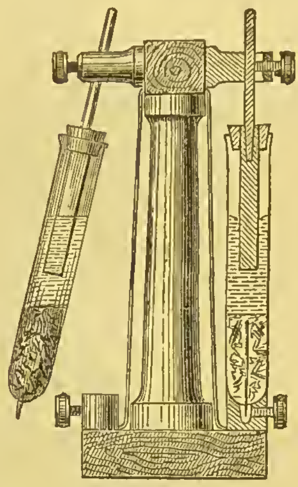
---

1) D. Archiv für klin. Medicin Bd. X Heft 1.

schreibung und bemerke nur noch, dass ich nach einigen im Laboratorium des Collegen Beetz in München mit der Batterie vorgenommenen Versuchen derselben eine hervorragende Bedeutung für die Galvanotherapie prognosticiren zu können glaube.

In den Boden einer Glasröhre (vgl. Fig. 18) von den Dimensionen eines Reagenzglases ist ein Platindraht eingeschmelzt, welcher nach innen und nach aussen hervorragt.

Fig. 18.



Das Glas wird zu etwa einem Drittel seiner Höhe mit einem Gemisch von grobgestossenem Braunstein und Retortenkohle (welche den Coke an Wirksamkeit übertrifft) gefüllt; dieses Gemisch wird bis zum zweiten Drittel der Glashöhe mit concentrirter Salmiaklösung übergossen. Durch diese Anordnung ist der in den Leclanché'schen Elementen nothwendige Thoncylinder gänzlich vermieden.

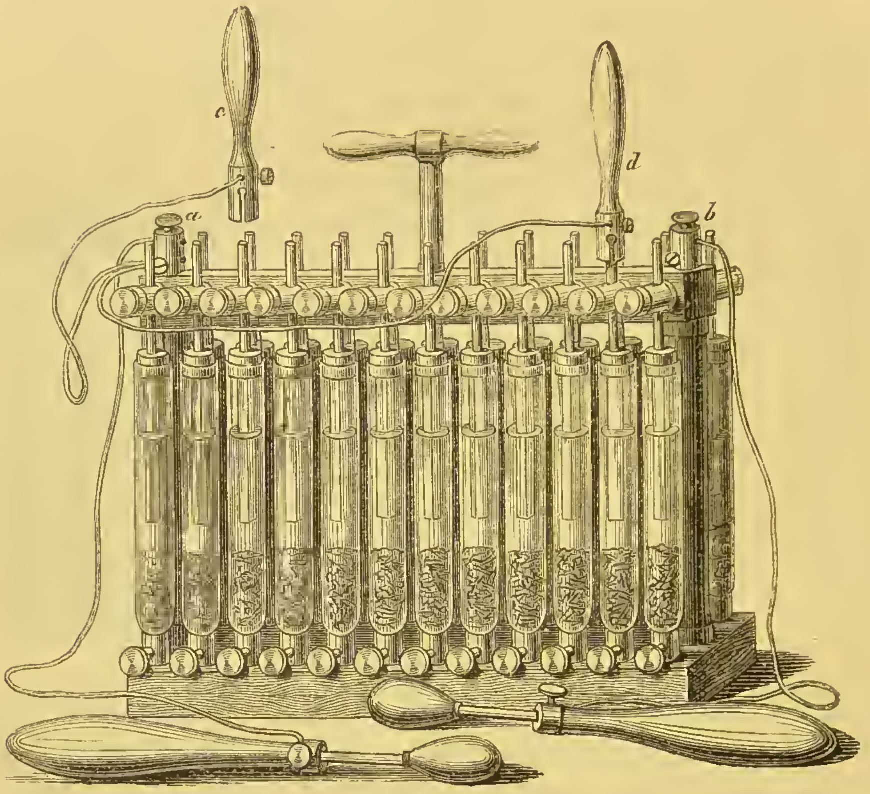
Der obere Theil des Glasrohres ist auf der Innenfläche bis zu einer Tiefe von 2 Ctm. mit Unschlitt bestrichen; dadurch ist es der Flüssigkeit unmöglich gemacht, beim Bewegen des Apparates an der Glaswand zu adhäriren, wodurch sich sonst die Glaswände so gern mit Krystallen bedecken, welche weitere Flüssigkeitsmengen capillar in die Höhe ziehen und so über den Rand des Gefässes hinaus wachsen.

Die Oeffnung der Röhre ist durch einen niedrigen Kautschukpfropf ganz lose geschlossen; durch die Mitte dieses Pfropfes geht, mit Siegellack in denselben eingekittet, ein Zinkstab, in welchen ein Messingdraht eingegossen ist. Letzterer bildet demnach den Zuleiter zum Zinkpol des Elementes, wie der unten hervorragende Platindraht den Zuleiter zum Kohlenpol. Der leichte Stöpselverschluss bezweckt, das Gefäss wasserdicht aber nicht luftdicht zu schliessen. Beim Schwanken der Flüssigkeit wird also dieselbe nicht überfliessen können, dagegen werden die kleinen Gasquanta, welche sich beim Gebrauche der Säule entwickeln, den Pfropf wie ein Ventil lüften und entweichen.

Solcher Elemente sind in der in Fig. 19 abgebildeten Säule 24 auf einem Gestelle vereinigt. Das Mahagonigestell hat eine

Länge von 25 Ctm., eine Höhe von 20 Ctm., eine Breite von 7 Ctm. In Fig. 18 ist in der Seitenansicht die Art, wie die Elemente befestigt und ausgehoben werden, dargestellt. Das Loch

Fig. 19.



der oberen Klemmschrauben ist so weit, dass, wenn man nach Lösung der unteren und oberen Schrauben das Element etwas gehoben hat, man es seitlich entfernen kann. Dies hat selbstverständlich nur in seltenen Fällen zu geschehen, etwa wenn ein Element durch einen Unfall zerbrochen ist und durch ein neues ersetzt werden soll, oder wenn nach langer Zeit die Füllung der Säule erneuert werden muss.

Von einer jeden Oberklemme führt ein Leitungsdraht zur benachbarten Unterklemme, und endlich ist die letzte Unterklemme (Kohlenpol) mit der Klemmschraube b verbunden, an welcher die eine Handhabe angebracht ist. Die Klemmschraube a steht frei im Holze des Gestelles, ohne mit der Säule leitend verbunden zu sein; sie trägt aber drei Leitungsdrähte; einer derselben geht zur zweiten Handhabe, die beiden anderen zu den

Steckklemmen c und d, welche unten conisch ausgebohrt und aufgeschlitzt sind, sodass sie etwas federn; oben haben sie Holzgriffe. Steckt die eine dieser Klemmen auf einem der durch die oberen Klemmschrauben herausragenden Messingdrähte, so ist der Strom zwischen diesem und dem Kohlenpole b hergestellt, sobald die Zuleiter an den Körper applicirt werden; in der Zeichnung z. B., wo d auf dem zweiten Messingdraht steckt, sind nur 2 Elemente eingeschaltet. Will man nun eine andere Zahl von Elementen wählen, z. B. 3, so steckt man die 2. Steckklemme c auf den nächsten Messingdraht und hebt dann sogleich die erste Steckklemme ab, weil sonst ein Stromschluss zwischen den beiden Nachbarelementen hergestellt bliebe, welches auf dieselben zerstörend wirken würde. Durch dieses Wechseln der Steckklemmen, welches nur eine Hand erfordert, ist das allmälige Uebergehen aus einer Elementenzahl in die andere ermöglicht, wie man es sonst durch einen Schlittenapparat erreicht, aber der Schluss ist viel sicherer und der Beschädigung viel weniger ausgesetzt als ein Schlitten.

Was die Stromstärke, welche diese Säule liefert, betrifft, so macht Beetz darüber (l. c.) folgende Angaben. B. hat die elektromotorische Kraft der Elemente und deren inneren Widerstand nach der von ihm angegebenen Methode [1]) durch Compensation gemessen und zu dem Zwecke die Elemente zu Gruppen von 4, 12 und 24 vereinigt, weil nicht anzunehmen sei, dass die einzelnen Elemente einander vollkommen gleich sein würden. Auf diesem Wege fand Beetz die elektromotorische Kraft = 1,4, wenn die Kraft eines Daniell'schen Elementes = 1 gesetzt wurde. Dieser Werth ist also noch etwas grösser als der, welchen Leclanché selbst für seine mit Braunstein und Coke gefüllten Elemente angiebt (1,38). Demnach hat die 24 paarige Säule die Kraft von ungefähr 34 Daniell'schen Elementen. Die Kraft eines Pincus'schen Elementes ist noch etwas kleiner als die eines Daniell'schen, sodass erst ungefähr 36 dieser Elemente 24 Beetz'schen Elementen an elektromotorischer Kraft gleichkommen.

Den mittleren Widerstand eines Elementes fand Beetz = 45 Siemens-Einheiten. Die Grösse dieses Widerstandes ist

---

1) Sitzungsberichte der Münchener Akademie der Wissenschaften. Mathem.-physikal. Kl. 1871, 1.

aber für therapeutische Zwecke noch immer gleichgültig. Die Stromstärke wird nämlich mit der Elementenzahl solange wachsen, bis der Gesammtwiderstand der Säule dem des äusseren Leiters, hier also des menschlichen Körpers gleichkommt. Erst wenn jener Gesammtwiderstand grösser wäre als dieser äussere, würde das Maximum der Wirkung überschritten sein. Nun hat aber die 24paarige Säule erst einen Widerstand von wenig über 1000 Einheiten, während der menschliche Körper, auch wenn man nur eine kurze Strecke desselben einschaltet und grosse Elektrodenflächen anwendet, einen weitaus grösseren Widerstand leistet. Demnach sind die Elemente noch gar nicht an der Grenze der Kleinheit angelangt, die man ihnen geben dürfte, ohne den Widerstand zu sehr zu vergrössern; praktisch würde aber eine weitere Verkleinerung deshalb nicht sein, weil die Zinkstäbe entsprechend dünner werden müssten und deshalb zu schnell verzehrt werden würden [1]).

Die Chlorsilber-Zinkbatterie nach Warren de la Rue und Pincus.

Auch diese Kette ist neuerdings von verschiedenen Seiten für die Elektrotherapie empfohlen worden, weil sie bei relativ guter Constanz ein äusserst geringes Volumen einnimmt. Indessen scheinen es doch mehr theoretische Erwägungen als praktische Erfahrungen zu sein, auf denen diese Empfehlungen beruhen. Brenner allein scheint eine grössere Summe von Erfahrungen über die Brauchbarkeit dieser Batterie zu Gebote zu stehen, und nur in Rücksicht auf die Empfehlung von Seiten dieses zuverlässigen Autors will ich der Beschreibung und Abbildung dieses Apparates hier eine Stelle geben; — meine eigenen Versuche mit der Pincus'schen Batterie in der Moewig'schen Form

1) Die Säule wird im physikalischen Institute von M. Th. Edelmann in München angefertigt. Sie befindet sich in einem Kästchen, welches während des Gebrauches nach beiden Seiten hin auseinandergeklappt werden kann und die nöthigen Nebenapparate, wie Commutator, Unterbrecher und dergl. enthält. Der Preis für eine solche Säule von 24 Paaren beträgt 60 fl.; derselbe erhöht sich bei Vermehrung der Zahl der Elemente um 2 fl. für jedes derselben.

sind so unbefriedigend ausgefallen, dass ich kaum Hoffnungen auf diese Kette setzen zu sollen vermeinte.

Die Chlorsilberzinkkette hat als Erreger einen kleinen Stern von amalgamirtem Zink und ein silbernes an Silberdraht hängendes Näpfchen, in welchem sich Chlorsilber befindet. Beide Metalle hängen bei geschlossener Kette in einer Flüssigkeit (verdünnter Schwefelsäure), welche aber erst mit dem Glasgefäss (das Grösse und Form eines Reagenzröhrchens hat) gehoben werden muss, damit die Metalle eintauchen. Bei geschlossener Kette wird durch den am Silberpol ausgeschiedenen Wasserstoff das Chlorsilber reducirt, indem sich der Wasserstoff mit dem Chlor verbindet. Das Silber schlägt sich hiebei regulinisch auf das Silbernäpfchen nieder. Theoretisch wäre hiernach Alles ganz gut, der Polarisation in der besten Weise begegnet und ein relativ kräftiges Element auf einen ungewöhnlich kleinen Raum zusammengedrängt. Indess kommen bei der praktischen Verwendung verschiedene Uebelstände zu Tage, von denen der grösste der Mangel an Dauerhaftigkeit ist, welcher sich in der rasch sinkenden Intensität des Stromes kundgiebt. Ich stütze mich hierin nicht allein auf meine eigene Erfahrung, sondern berufe mich auch auf das Urtheil meines verehrten Collegen Beetz, nach welchem die Pincus'sche Batterie an Dauerhaftigkeit hinter der Leclanché-schen weit zurücksteht und auch als Volta'sche Combination nicht zu den günstigsten gehört.

Brenner erklärt 60 Elemente für unumgänglich nöthig. Auch diese werden, fürchte ich, nicht für alle Zwecke und auf die Dauer ausreichen. Ferner macht der starke und ungleichmässige Verbrauch von Chlorsilber, welches selbstverständlich nicht billig ist, die Unterhaltung sehr kostspielig und zugleich sehr umständlich, da man immer aufmerken muss, ob das Chlorsilber vollständig reducirt ist, und alle Augenblicke in diesem oder jenem Elemente nachfüllen muss.

Der Uebelstand, dass sich beim Heben und Senken der Elemente die Drähte des Zinkstabes und Silbernäpfchens leicht verbiegen, liesse sich am Ende durch zweckmässigere Vorrichtungen vermeiden.

Stöhrer hat sich ebenfalls mit der Verbesserung der Chlorsilberzinkbatterie beschäftigt und folgenden Apparat construirt, welcher für die Elektrotherapie delicater Regionen des Körpers,

z. B. der Ohren und der Augen, der Gesichtsnerven genügend starke Ströme liefern dürfte.

Stöhrer's Chlorsilberzink-Batterie.

Die Batterie, bestehend aus 40, resp. 50 oder 60 Elementen [1]), befindet sich in einem Mahagoni-Kasten.

Die Anordnung eines Elementes dieser Batterie ist folgende:

In dem halbkugelig vertieften Boden eines cylindrischen Gläschens von 12 Ctm. Höhe befindet sich eine kleine Portion Chlorsilber, in welches bei der Hebung des Gläschens ein abgerundeter Streifen von Silber eintaucht. Im oberen Theile des

Fig. 20.

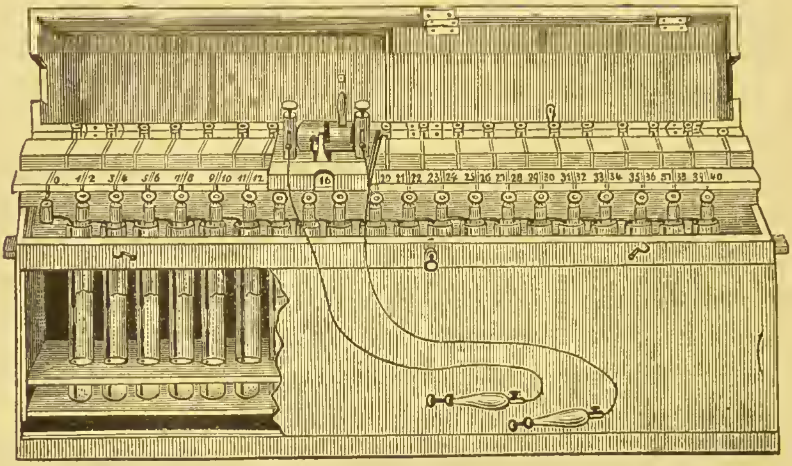


Abbildung in $^1/_6$ der natürlichen Grösse.

Gläschens, etwa 6 Ctm. vom Chlorsilber entfernt, hängt an einem Träger ein mit Hals versehenes, amalgamirtes, kreuzförmiges Zinkstück. Als Erregungs-Flüssigkeit dient verdünnte Schwefelsäure im Verhältniss von 1 zu 10. Die übrigen Theile der Batterie sind im Wesentlichen von derselben Construction wie die der Handbatterie. Das Zinkstück eines jeden Elementes lässt sich von dem Halter abnehmen; letzterer wird in einen Einschnitt des Elemententrägers eingehängt und ist gleichzeitig mit einem umgebogenen Drahtstücke fest verbunden, welches mit isolirendem

1) Der Preis der Batterie schwankt nach der Zahl der Elemente zwischen 45 und 68 Thaler.

Ueberzug versehen, am untern Ende in den Silberstreifen des nächsten Elementes endigt. Diese Einrichtung stellt eine solide Verbindung von einem Element zum andern her und gestattet den Vortheil, dass man jedes einzelne Element herausnehmen kann. Sämmtliche Theile der Batterie und Nebenapparate befinden sich im Innern eines verschliessbaren Kastens von Mahagoni. Die Gläser sind in einem mit der Hebevorrichtung versehenen Gestelle angebracht und kann ein Verschütten von Säure nur bei sehr nachlässiger Behandlung stattfinden.

Der Elemententräger, Schlussschieber und der Commutator haben dieselbe Einrichtung wie oben beschrieben, jedoch stehen hier die Elemente der beiden Reihen einander nicht gegenüber, sondern diejenigen der hintern Reihe entsprechen den Zwischenräumen der vordern. Es gestattet diese Stellung den Vortheil, dass nicht je zwei Elemente, sondern ein Element nach dem andern bei Verschiebung des Schlussschiebers eingeschaltet wird. Der letztere hat zu dem Ende einen Ausschnitt, in welchen die Ziffer der beabsichtigten Elementenzahl genau eingestellt wird.

Wegen der leichten Zersetzbarkeit des Chlorsilbers durch das Licht befinden sich die Gläser während des Gebrauchs im dunkeln Raume des Kastens, doch ist der letztere zu beiden Seiten mit Schiebern versehen, damit man die Füllung bequem vornehmen und den Vorgang im Innern leicht beobachten kann. Zur Aufnahme der Nebenapparate ist im Deckel des Kastens ein Behälter angebracht.

Handhabung und Füllung. Beim Empfang der Batterie findet man sämmtliche Elektroden in den Einschnitten des Elemententrägers eingehängt und, nachdem man die Umhüllung derselben entfernt hat, wobei man der Kleinheit der Theile wegen vorsichtig zu Werke geht, ist darauf zu achten, dass, nachdem die besonders verpackten Gläschen eingesetzt sind, jedes Element wieder an seinen Ort gebracht wird.

Nachdem dies geschehen, überzeugt man sich, dass die Gläschen sich ohne Anstoss heben und senken lassen.

Zur ersten Füllung einer Batterie von 40 Elementen sind 3 Loth Chlorsilber zu verwenden, welches man möglichst gleichmässig getheilt in die Gläschen schüttet, nachdem man partienweise die Elektroden ausgehängt hat. Das Chlorsilber muss vor dem Einschütten möglichst fein zertheilt werden.

Sämmtliche Elektroden sind nun an ihren Ort zu bringen und wird dann mittelst des kleinen Glastrichters bei herabgelassenen Gläsern so viel verdünnte Schwefelsäure eingegossen, dass der Spiegel derselben 1/4 Zoll unter den Zinkkreuzen steht.

Die Batterie ist nun zum Gebrauch fertig und wird bei Hebung der Gläser ihre Wirkung zeigen. Letztere tritt jedoch erst mit voller Kraft ein, wenn ein kleiner Theil des Chlorsilbers reducirt ist. Will man diesen Effect schnell erreichen, so hat man nur nöthig, die Kette eine halbe Minute lang durch einen Draht zu schliessen.

Die Chlorsilberkette wirkt nur so lange constant, als Chlorsilber in unzersetztem Zustande und hinreichender Menge vorhanden ist. Man erkennt sogleich an aufsteigenden Gasblasen in einzelnen oder allen Elementen und sehr geschwächtem Strome, wenn es Zeit ist, Chlorsilber nachzuschütten. Zur Nachfüllung für 40 Elemente genügen 2 Loth Chlorsilber. Das bereits reducirte, in Silber verwandelte Chlorsilber bleibt bei den Nachfüllungen in den Gläschen, bis es sich etwa 1 Zoll hoch angesammelt hat, man kann es mit leichter Mühe auf bekannte Weise wieder in Chlorsilber verwandeln.

Die Erneuerung der verdünnten Schwefelsäure, neues Amalgamiren der Zinkstücke, überhaupt Reinigung aller Theile der Elemente wird vorgenommen, sobald am Zink Krystalle sichtbar sind. In gleicher Weise sind die oben gegebenen Vorsichtsmassregeln in Bezug auf die leitenden Theile des Schlussschiebers, Commutators und der Leitungsschnüre zu Rathe zu ziehen, sobald ein Ausbleiben des Stromes eintritt.

Man sieht, die Einrichtung ist durch Hinweglassung der Silbernäpfchen und Einschütten des Chlorsilbers in die Basalaushöhlung des Glascylinders sehr vereinfacht.

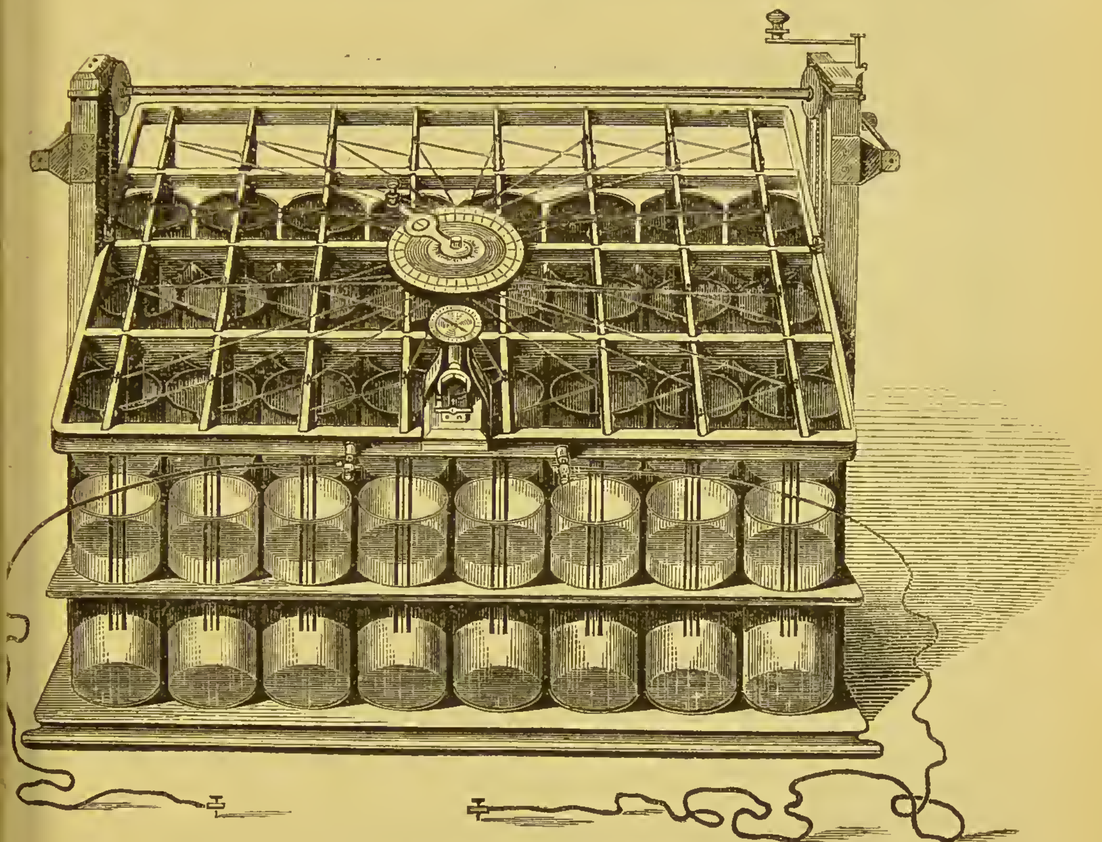
Ueber die Intensität und Constanz des Stromes aus den Stöhrer'schen Apparaten besitze ich keine eigenen Erfahrungen, auch kenne ich noch keine Aeusserungen zuverlässiger Beobachter.

Ausser den bisher beschriebenen sind noch eine Anzahl anders construirter Ketten für den ärztlichen Gebrauch verwendet.

Die Smee'sche Kette, bestehend aus Zink- und platinirten Silberplatten, welche ohne Diaphragma in eine und dieselbe Flüssigkeit (verdünnte Schwefelsäure) eintauchen, ist vielfach in Gebrauch. Benedikt [1]) hat die Silberplatte zur Verhütung der Verbiegungen und der Berührung des Zinks in einen Bogen von Hartkautschuck gesteckt und die Flüssigkeit aufnehmenden Hartkautschuck-Becher zum Heben eingerichtet. Foveaux [2]) (Firma Weiss & Co. London) construirte eine portative Smee'sche Batterie von 50 Elementen, welche Tibbits als ausgezeichnet wirksam und zweckmässig rühmt.

Beard und Rockwell [3]) benutzen ausser einer Stöhrer-

Fig. 21.



Frommhold's Batterie.

1) l. c. p. 10.

2) H. Tibbits, Localized Electrization by Duchenne. London 1871, pag. 67.

3) A practical treatise on the med. and surg. uses of Electricity. New-York 1871 pag. 135.

schen Zinkkohlenbatterie eine transportable Smee'sche Batterie von 60 Elementen aus der Fabrik von Kidder in New-York, welche sie an der angegebenen Stelle beschreiben und abbilden.

Frommhold [1]) benutzt statt der platinirten Silberplatten mit Platinmoor überzogene Bleiplatten, welche mittelst Tauchvorrichtung in verdünnte Schwefelsäure herabgelassen werden (vrgl. die umstehende Fig. 21). Nicht nur Frommhold sondern auch v. Bruns [2]), bei dem ich Gelegenheit hatte die Batterie zu sehen, rühmt dieselbe als kräftig und dauernd in ihrer Wirkung. Der hohe Preis (160 fl.) sowie die Intransportabilität steht ihrer weiteren Verbreitung im Wege. In Hinsicht der Constanz des Stromes kann sie sich mit der Siemens-Daniell-schen Batterie selbstverständlich nicht messen.

Erwähnung verdient endlich noch die Muirhead'sche Modification der Daniell'schen Batterie, wie sie auf den Telegraphenstationen Grossbrittanniens in Gebrauch ist und von Mechaniker Becker (Firma: Elliot Brothers) auch für elektrotherapeutische Zwecke adaptirt wurde [3]). So befindet sich im National hospital for the Paralysed and Epileptic eine solche Batterie von 100 Paaren, von denen Leitungsdrähte durch das ganze Gebäude in alle Krankenzimmer geleitet sind. Auch Althaus [4]) bedient sich einer solchen in seinem Hause. Transportabel sind sie selbstverständlich nicht. Die Kupferplatte befindet sich umspült von concentrirter Kupfervitriollösung in einer Thonzelle, welche in ein Porzellangefäss voll reinen Wassers, in welches auch die nicht amalgamirte Zinkplatte eingehängt ist, gestellt wird. Die Ströme sind schwach, aber constant. Alle 2 Monate müssen alle Theile gereinigt werden, und ferner alle 18 Monate neue Zinkplatten eingehängt werden. Zur Messung der Stromstärke ist von Becker eine Tangentenboussole angebracht, durch deren Einschaltung man sich von Zeit zu Zeit von dem rascheren oder langsameren Sinken des Stromes überzeugen kann.

---

1) Der constante galvanische Strom, modificirbar in seinem Intensitäts- und Quantitätswerth. Pest 1866/67. pag. 25.

2) Galvano-Chirurgie. Tübingen 1870 p. 113 ff.

3) cf. Tibbits-Duchenne p. 57.

4) A treatise on medical electricity. London 1870 p. 307 ff.

Die Nebenapparate.

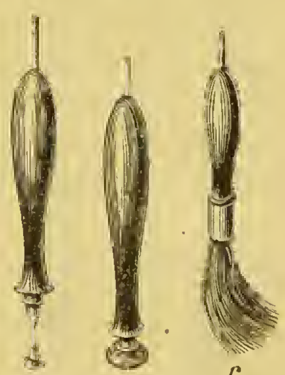
Die Elektroden oder Stromgeber (Rheophoren, Excitatoren) müssen aus grossen, bequem zu fassenden Holzgriffen und kurzen, graden und unbiegsamen Messingstäben bestehen, welche in eine Schraube auslaufen. Diese dient zum Anschrauben der metallischen Contacttheile, nämlich der Knöpfe, Platten oder Balken. Sämmtliche Metalltheile, mit Ausnahme der Contactflächen, durch welche der Strom hindurchgehen soll, werden mit einem isolirenden Firniss (Goldlack) überzogen, theils um das Ueberschlagen des Stromes bei Berührung anderer Metalltheile, theils um die Oxydation zu verhüten.

Die Contactflächen sind nach dem jedesmaligen Bedürfnisse verschieden geformt. Handelt es sich darum, den Strom auf einzelne Nervenstämme oder Nervenzweige zu localisiren, so wählt man für den Inductionsstrom feine stricknadel- oder rabenfederdicke, spitz oder knopfförmig auslaufende Stromgeber, für den Batteriestrom balkenförmige etwa fingerlange Messingblöcke, welche an die Stromgeber angeschraubt, auf den Nervenstamm applicirt werden. Für die Galvanisirung grösserer Muskeln oder Nervengebiete sind am gebräuchlichsten und brauchbarsten plattenförmige Contactflächen, welche einen Durchmesser von 2—10 Ctm. haben und entweder plan oder schwach convex geformt sind.

Die Contactflächen sind polirte aber selbstverständlich nicht gefirnisste Messingflächen. Die von Stöhrer gefertigten Contacttheile von abgedrehter Gaskohle sind ebenfalls sehr zweckmässig, da sie der Oxydirung nicht ausgesetzt sind, wie die metallenen.

Alle Contactflächen sind zur Verhütung zu starker Reizung der Haut (beim Inductionsstrom) und event. Anätzung (beim constanten Strome) mit 2—3 Mm. dicken Lagen feuchten Leiters zu überziehen. Diese werden am Rande der Elektroden-Enden, wo Furchen oder Löcher angebracht sind, mittelst starker Fäden befestigt. Ich ziehe eine Lage feinsten Badeschwammes mit feinem Flanell oder Parchent überzogen, noch immer allen übrigen Stoffen vor.

Fig. 22.



Stöhrer'sche Elektroden.

Andere empfehlen Leder (Erdmann, Duchenne) Zündschwamm (Brenner) Leinwand u. A. Diese Substanzen scheinen mir alle das Wasser weniger vollständig aufzunehmen und weniger lange zu conserviren, als feiner Badeschwamm. Die noch vielfach in Gebrauch befindlichen Schwammklemmen, oder -Zangen, sowie die cylinderförmigen Schwammhülsen sind ganz zu verwerfen, da sie eine sichere und kräftige Führung sowie das Localisiren des Stromes unmöglich machen.

Es ist rathsam, die Schwammkappen nebst Parchentüberzug besonders bei täglichem Gebrauch der Elektroden alle 4—6 Wochen zu erneuern, weil sie sich mit dem Kupfersalz des Messings imprägniren und dadurch ihre Weichheit und Porosität verlieren. Ebenso sind die Contaktflächen der Messingplatten von Zeit zu Zeit von den Oxydschichten, welche die Folge der Polarisation sind, zu befreien und frisch zu poliren.

Zur Anfeuchtung der Schwämme und der Haut eignet sich für den täglichen Gebrauch am besten heisses Wasser; übrigens genügt im Nothfall auch kaltes Wasser, nur ist bei Benutzung des letzteren die Stromintensität etwas zu steigern, weil kaltes Wasser schlechter leitet, als warmes und zugleich die Hornschicht der Epidermis besonders die dünnen Lagen, welche

Fig. 23.

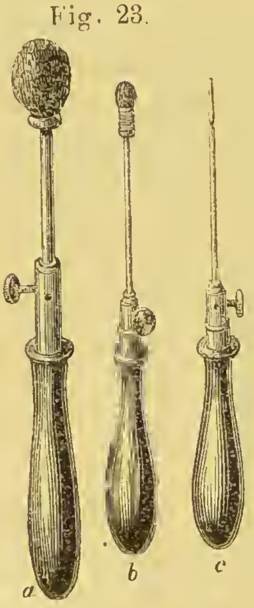
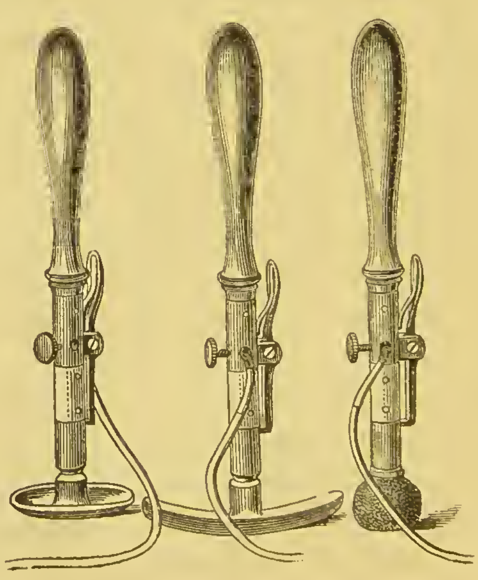


Fig. 24.



sich in den Schweisstrichtern befinden, weniger rasch durchdringt und lockert als das warme. Warmes Salzwasser würde vom physikalischen Standpunkte betrachtet dem Bedürfniss am besten entsprechen d. h. den Leitungswiderstand am meisten herabsetzen, allein dasselbe bietet in der Praxis die Unannehmlichkeit, dass es an den berührten Hautstellen sowie an der Wäsche, deren Benetzung nicht ganz zu vermeiden ist, in Folge der Verdunstung Salzkrusten absetzt.

Die nebenstehenden Abbildungen geben die von mir gebrauchten Elektroden in etwa 1/3 der natürlichen Grösse wieder, und zwar Fig. 23 die zum Localisiren des Stroms geeigneten, nämlich a. für stärkere und b. und c für schwächere Nerven. Fig. 24 zeigt die mit grösseren Platten und Balken versehenen Elektroden mit der von M. Meyer angegebenen Untersuchungsvorrichtung.

Dieser Unterbrecher besteht in einem Hebel, welcher durch die Spitze des Zeigefingers zu bewegen ist und die Verbindung zwischen dem Metallstück des Griffes, in welches der Leitungsdraht eingeklemmt ist, und dem von dem ebengenannten durch einen isolirenden Elfenbeinring getrennten vordern Metallstück, welches die Contactplatten trägt, herstellt resp. unterbricht. Die Herstellung der Leitung durch Anschlagen des Hebels wird durch eine Feder, die Unterbrechung durch den Zeigefinger der die Elektrode führenden Hand bewirkt. Wo das Hebelende das vordere Metallstück berührt sind beide Berührungsflächen platinirt.

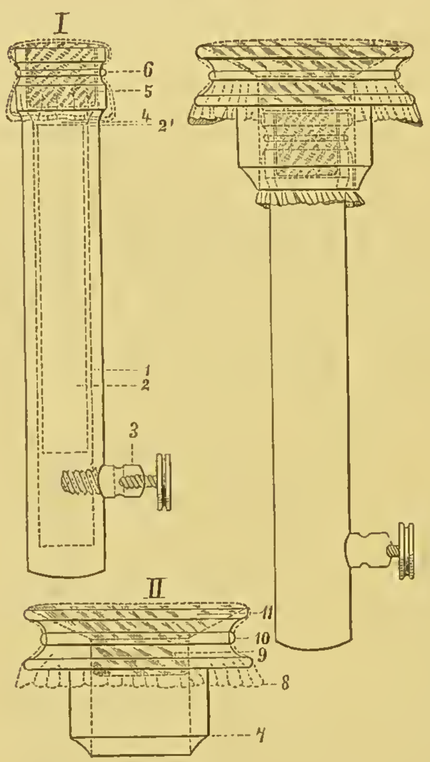
Dieser Untersuchungshebel ist eine äusserst zweckmässige Vorrichtung und sollte trotz seines relativ hohen Preises [1]) keinem Arzte fehlen. Es genügt, wenn ein Handgriff mit Unterbrecher versehen ist. Man hat damit die Unterbrechung des Stromes jeden Augenblick in der Gewalt und kann, auch wenn man ohne Assistenten ist, die Prüfung der Reaction jederzeit im metallischen Theil der Kette vornehmen, was hinsichtlich der Genauigkeit der Resultate ein bedeutender Vorzug vor dem durch Abnehmen und Wiederaufsetzen der Elektroden bewirkten Oeffnen und Schliessen der Kette ist.

Unpolarisirbare Electroden. Es ist bereits oben (p. 49) des Umstandes Erwähnung gethan, dass stärkere galva-

1) Eine Elektrode mit Unterbrecher kostet bei Krüger und Hirschmann in Berlin 2 Thlr. 10 Sgr.

nische Ströme, wenn sie durch metallene Elektrodenplatten auf den Körper eingeleitet werden, durch die Rückwirkung der Polarisation auf das Gewebe der Haut eine ätzende Einwirkung ausüben, und dass diese Verätzung der Haut am negativen Pole bedingt sei durch die Anhäufung der Alkalien des Blutes, welche als kaustisches Natron und Kali zunächst auf den Papillarkörper und die Epidermis kaustisch einwirken. Es ist klar, dass man diese Verätzung am negativen Pole vermeiden kann, wenn man den daselbst frei werdenden Kationen eine Ansammlung nicht gestattet, sondern dieselben sofort durch den Strom selbst weiter transportiren lässt und zwar in die Elektrode selbst hinein.

Fig. 25.



Dies ist selbstverständlich nur dann möglich, wenn man die Elektrodenenden statt in Metall in einen porösen, Flüssigkeit haltenden Körper enden lässt und als leitendes Metall amalgamirtes Zink, welches sich in concentrirter Zinkvitriollösung befindet, wählt, welche Combination nach du Bois Reymond's Untersuchungen die Polarisation fast vollständig ausschliesst. Auf Grund dieser Erfahrung, welche von du Bois und seinen Nachfolgern für die Elektrophysiologie in der zweckentsprechendsten Weise verwendet worden ist, hat Hitzig[1]) unpolarisirbare Elektroden

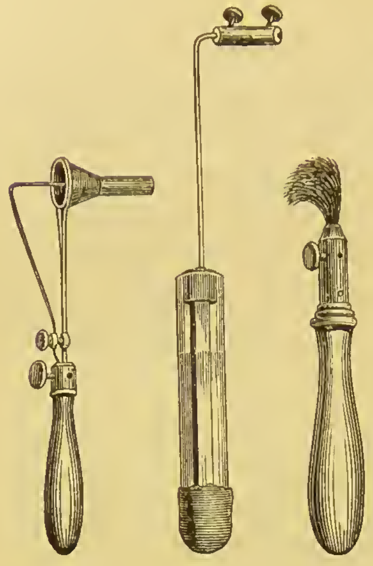
1) Ueber die Anwendung unpolarisirbarer Elektroden in der Elektro-Therapie. Berlin. Klin. Wochenschrift 1867. Nr. 39.

In diesem Aufsatze ist die Gesellschaft »Telegraph« Berlin Wilhelmsstrasse 121 als Lieferantin dieser Elektroden genannt; man kann sie aber auch durch Krüger u. Hirschmann beziehen.

für die Zwecke der Elektrotherapie construirt. Jede derselben besteht aus einem hohlen, an der freien innern Fläche amalgamirten Zinkcylinder (Fig. I, 2), welcher in einen Mantel von Hartkautschuck (1) eingekittet ist und nahe dem unteren Ende durch eine Klemmschraube (3) mit dem Leitungsdrahte der Batterie in Verbindung gesetzt wird. Am obern Ende ist der Zinkcylinder offen und wird von hier aus mit concentrirter Zinkvitriollösung gefüllt. Den Verschluss bildet ein Thonpfropf (5), welcher mit schwefelsaurer Zinkoxydlösung zu einer plastischen Masse angerührt ist; unter und über diesem Pfropf befindet sich ein Leinwandlappen, welcher durch einen Gummiring (6) in einer Einkerbung des Hartkautschuckmantels gehalten wird. Darüber wird dann ein zweiter Hartkautschuckansatz (II.) geschoben, welcher in seinem oberen trichterförmigen Theil mit Papiermaché (11), das mit einer schwachen, 1—2 procentigen Kochsalzlösung angefeuchtet wurde, gefüllt ist. Darüber wird ebenfalls Leinwand (8) gespannt und mit einem Gummiringchen (10) befestigt. Uebrigens kann man auch im Zuleitungsrohr anstatt des Thonstöpsels einen Stöpsel von Papiermaché nehmen. Das letztere wird durch nächtliches Auswässern 14 Tage lang conservirt und die Zinkvitriollösung im Zuleitungsrohr von Zeit zu Zeit erneuert, dagegen die Zuleitungsröhren in der Zwischenzeit in einem bedeckten feuchten Glase aufbewahrt.

Diese Hitzig'schen Elektroden entsprechen ihrem Zwecke vollkommen, wie ich aus eigener Erfahrung bestätigen kann. Es ist möglich mittelst derselben einen Strom von 40—50 Elementen 10—15 Min. lang auf die Haut einwirken zu lassen, ohne irgend eine Verätzung zu bekommen. Leider macht die Umständlichkeit der Herrichtung der Elektroden, welche täglich 10—15 Minuten in Anspruch nimmt, die Anwendung derselben für den praktischen Arzt zu zeitraubend, während der Specialist ganz wohl diese kurze Zeit aufwenden kann. Uebrigens kann derjenige, welcher die von mir auf den vorstehenden Blättern verzeichneten mit unpolarisirbaren Elektroden angestellten Versuche controliren will, sich sehr einfach und ohne erhebliche Kosten in den Besitz Du Bois'scher Elektroden setzen. Dazu gehören nämlich, wenn die grösste der meinigen (Fig. 26,b) als Muster dienen soll, 2 Glasröhren von 10 Ctm. Länge und 1 Ctm. Lichtenweite, welche oben mit einem gewöhnlichen Kork geschlossen sind.

Fig. 26.



a b c

Durch den Kork geht ein amalgamirtes Zinkblech oder ein solcher Zinkstab, welcher bis an das entgegengesetzte offene Ende der Glasröhre reicht und auf der andern Seite ausserhalb des Korkes mit dem Kupferleitungsdrahte verlöthet ist. Verschliessung des nicht gestöpselten Endes der Glasröhre mit plastischem, in einprozentiger Kochsalzlösung durchgeknetetem Thon, hierauf Füllung der Glasröhre mit concentrirter Lösung chemisch reinen Zinkvitriols, Einsetzung des Zinkblechs und Verschluss mit dem Stöpsel stellt die Elektroden zum Gebrauch fertig.

Uebrigens bemerke ich, dass bei der jetzt gebräuchlichen therapeutischen Anwendungsweise des galvanischen Stromes, wo einerseits für gewöhnlich nur geringe Stromintensitäten zur Anwendung kommen, andererseits die Dauer der stabilen Anwendung keine sehr bedeutende ist, die unliebsamen Nebenwirkungen der Polarisation nur selten eintreten. Für die Anwendung des Inductionsstroms fallen selbstverständlich diese Rücksichten hinweg, da derselbe wohl heftige physiologische, aber keine chemischen Wirkungen entfaltet.

Ein sehr zweckmässiges Instrument ist endlich für solche Fälle, wo es sich nur um intensive Reizung der Haut handelt, der von Duchenne angegebene Pinsel aus Metallfäden, (vrgl. Fig. 26, c und Fig. 22, f). Wir haben schon oben (pag. 44) genauer erörtert, weshalb eine trockene metallische Contaktfläche und insbesondere ein Pinsel aus Metallfäden für die blosse Hautreizung zweckmässiger sei, als mit feuchten Leitern überzogene Elektrodenenden. Hier sei nur noch erwähnt, dass die elektrische Geissel auf die trockene Haut applicirt, schon bei mässiger Stromstärke einen heftigen stechend-brennenden Schmerz verursacht, der durch Erhöhung der Stromintensität bis zum Unerträglichen gesteigert werden kann. Auf die energische Reizung

antworten die Hautmuskeln mit kräftiger Contraction und Hervorziehen der Haarbalg- und Talgdrüsenmündungen, während gleichzeitig durch die Contraction der kleinsten Hautarterien eine ausgedehnte Ischämie der Haut entsteht. Beides, Gänsehaut und Ischämie, verschwindet aber rasch und macht einer intensiven Hyperämie Platz, welche bedingt ist durch die paralytische Erschlaffung der Gefässringmuskeln und die secundäre Erweiterung des ganzen Capillargebietes. Das Erythem tritt bei der Anwendung der Geissel schneller ein und erreicht eine grössere Intensität und Extensität, als dies bei der Anwendung eines einfachen und trockenen Metallknopfes oder gar einer mit feuchtem Schwamm armirten Elektrode der Fall ist. Mit dem Oeffnen der Kette erlischt übrigens der Schmerz sofort, während das Erythem und das Gefühl erhöhter Wärme längere Zeit andauert.

Was die elektrische Geissel in der therapeutischen Anwendung vor allen übrigen zu Heilzwecken angewendeten Hautreizungen auszeichnet, das ist der Mangel jeder üblen Neben- und Nachwirkung selbst bei der höchsten Intensität der Reizung. Sie ist deshalb von ausgezeichnetem Nutzen, wenn es sich um die Entlarvung von Simulanten oder um die Behandlung hysterischer Anästhesien handelt.

Für die Elektrisirung des Pharynx, des Kehlkopfes, des Oesophagus, des Magens, des Mastdarms, der Blase, des Uterus sind einfache catheterförmig oder sondenförmig gestaltete Elektroden ausreichend, wenn man die complicirten Doppel-Elektroden nicht zur Disposition hat.

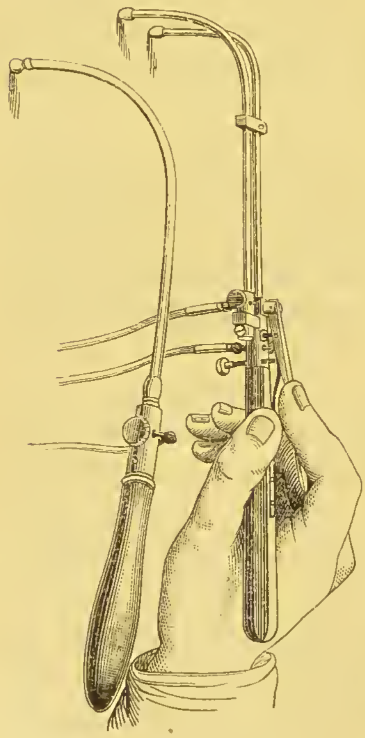
Für den Mastdarm liefern Krüger und Hirschmann eine fast daumendicke Sonde von englischem Sondengeflecht, aus deren oberem Ende ein polirter Metallknopf von 1 Ctm. Dicke hervortritt. Diese Sonde kann an jeden der Krüger und Hirschmann'schen Handgriffe angeschraubt werden. Der zweite Pol wird am Damm oder über dem S Romanum aufgesetzt.

Für den Oesophagus und den Magen genügt eine Schlundsonde mit starkem metallischen Mandrin und einem an dessen Spitze wie bei der Mastdarmelektrode angebrachten Metallknopf. Der isolirte Leitungsdraht wird bei Gebrauch mit dem Apparat in leitende Verbindung gesetzt, die Kette mit breiter Platte aussen am Epigastrium geschlossen. Uebrigens lassen sich auch beide

Pole in dem durch einen Nichtleiter, z. B. Elfenbein, in zwei Hälften zerlegten Metallknopf vereinigen, wenn man mit jeder Knopfhälfte die Guttaperchaleitungsdrähte verlöthet, wie dies für die Uterus-, Blasen- und Mastdarm-Elektroden bereits von Tripier[1]) angegeben und l. c. abgebildet wurde.

Für Pharynx und Kehlkopf empfehlen sich die Doppel-Elektroden ganz besonders, wenn man eine kräftige Erregung der Muskulatur oder der Nerven beabsichtigt. Die von Duchenne und Morell Mackenzie angegebenen Instrumente sind nicht solide und zweckentsprechend genug. Ich habe deshalb durch den Mechaniker Heller in Nürnberg eine Doppel-Elektrode construiren lassen, welche allen Anforderungen entsprechen dürfte. Die zwei starken Leitungsdrähte des Instrmentes (vgl. Fig. 27) endigen in kleine Knöpfe, welche mit feinem Badeschwamm armirt werden. Beide Knöpfe stehen für gewöhnlich in Berührung, so dass beim Einführen des Instrumentes kein Strom die Weichtheile des Mundes oder Rachens trifft. Erst wenn die Knöpfe über dem Kehlkopf stehen, werden die Branchen von einander entfernt. Dies geschieht durch den Druck des Zeigefingers auf einen Hebel, welcher mittelst eines Doppelgelenkes die Rotation der einen Branche bewirkt. Die Excursion des Hebels (und dementsprechend auch die Entfernung der Elektrodenspitzen von einander) wird bestimmt durch eine Schraube, welche von unten gegen den Hebel vordringt und verstellbar ist. Das ganze Getriebe ist so solide und fest, dass man mit beiden Branchen einen festen Druck nach aussen ausüben kann. Dies ist nämlich nöthig, da die Energie des gereizten Constrictor faucium medius und inferior, wie ich

Fig. 27.



1) Manuel d'électrotherapie. Paris 1861, pag. 548 sqq.

mich früher überzeugt habe, die Branchen schwächer gebanter Elektroden zusammendrückt.

Mit dem Nachlassen des Fingerdruckes auf den Hebel treten die Branchen resp. ihre Knöpfe wieder in Berührung, sodass die Herausnahme des Instrumentes ohne elektrische Reizung der Weichtheile des Rachens und Mundes vor sich geht.

Zur Localisirung des elektrischen Stromes auf die einzelnen Kehlkopfmuskeln eignet sich meine einfache catheterförmige Elektrode (Fig. 27), sowie die Doppelelektrode von v. Bruns. Die erstere kann auch zweckmässig zum Anschrauben an einen Krüger-Hirschmann'schen Elektrodengriff mit Unterbrechungshebel eingerichtet werden. Ihre Anwendung erfordert selbstverständlich die Application einer zweiten Elektrode aussen am Kehlkopf, um den Kettenschluss herzustellen.

Die v. Bruns'sche Doppelelektrode gestattet die gleichzeitige Application beider Pole auf den zu reizenden Muskel. Die beiden Branchen sind unbeweglich mit einander verbunden, aber selbstverständlich isolirt. Die Endknöpfchen können durch Biegung der Drahtenden einander genähert oder von einander entfernt werden, dürfen aber wegen der Beschränktheit des Raumes und wegen der Gefahr der gegenseitigen Berührung nicht mit feuchten Leitern überzogen werden. Der Schluss der Kette wird durch Verschiebung des oberen Ringes nach dem Einführen des Instrumentes bewirkt und vor dem Herausnehmen wieder aufgehoben.

Die Ohr-Elektrode (vgl. Fig. 26, a), wie sie von Krüger und Hirschmann in zweckentsprechender Form geliefert wird, besteht aus einem isolirenden Ohrtrichter von Hartkautschuk, welcher durch eine federnde leicht abnehmbare Klammer mit dem Handgriff verbunden ist. Ein von dem metallenen Theil des Handgriffes ausgehender Draht taucht in den Trichter je nach der Stellung der kleinen Schraube tiefer oder weniger tief ein. Eine Klemmschraube am Handgriff nimmt den Leitungsdraht auf. Der Trichter wird nach seiner Einführung in den äusseren Gehörgang mit Wasser gefüllt.

Als Leitungsschnüre zur Verbindung des Apparates mit den Elektroden dienen am zweckmässigsten feine Kupfer-

drähte, welche wie ein Tau zusammengedreht sind und in einen Stift von Kupferdraht auslaufen, welcher zur Einsenkung in die Klemmschraube an der Elektrode bestimmt ist. Die Verbindung zwischen Draht- und Kupferstift wird am besten durch Verlöthung hergestellt, damit keine Lockerung und Stromunterbrechung eintreten kann. Insbesondere ist noch hervorzuheben, dass Drahtstift, Klemmschraube und Kanal zur Aufnahme des Stiftes nicht zu klein, sondern gross, derb und fest gearbeitet und handlich sein müssen.

Durchaus nothwendig ist endlich, die Leitungsschnüre mit feinen Gummischläuchen zu überziehen, wenn dieselben nicht schon überzogen vom Fabrikanten geliefert werden. Es eignen sich hiezu die feinen schwarzen oder ockerfarbenen (englischen) Gummischläuche am besten und zwar sind die letzteren vorzuziehen, weil sie mit der Zeit weder brüchig noch klebrig werden. Der Gummischlauch reiche bis über die Löthstelle am Endstift hinaus und sei an letzterem durch Umwickelung mit Seide befestigt. Der Nutzen des Gummiüberzuges besteht einestheils darin, dass sich die Drähte wegen der Abhaltung von Feuchtigkeit viel länger conserviren, während sie, mit dem gewöhnlichen Ueberzuge von Wolle oder Seide versehen, in Folge der beim Elektrisiren unvermeidlichen Benetzung bald durch Oxydation zu Leitungsstörungen Veranlassung geben. Andererseits wird durch den wasserdichten Ueberzug auch das unangenehme Ueberspringen des Stromes von einer Schnur zur andern unmöglich gemacht, welches leicht eintritt, wenn die Drähte durch das aus den Elektrodenschwämmen herabtropfende Wasser benetzt, bei den Manipulationen mit einander in Berührung treten.

Allgemeine Bemerkungen zur Methode der Localisirung des elektrischen Stromes.

Weder die Kenntniss der mitgetheilten physikalischen und physiologischen Thatsachen, noch die Ueberwindung der oben erörterten technischen Schwierigkeiten genügen an sich für die praktische Ausführung der Methode der localisirten Elektrisirung. Es bedarf dazu noch einer in's Detail gehenden Kenntniss der anatomischen Verhältnisse, insbesondere der Lagerung der Muskeln und ihrer Nerven zu einander, zum Skelett, zu den sensiblen Nerven, und vor Allem zur Körperoberfläche, sowie eines gewissen Grades von Uebung in der Handhabung der Apparate.

In letzterer Beziehung empfehle ich Anfängern auf's Dringendste, Vorübungen am eigenen Körper anzustellen, damit sie sich einerseits möglichst schnell sowohl mit den anatomischen Verhältnissen der Körperoberfläche als auch mit der Verschiedenheit der Sensibilität an den einzelnen Regionen vertraut machen, um nach derselben die Stärke des anzuwendenden Stromes zu bemessen; damit sie andererseits aber auch die Apparate handhaben lernen, um den so häufig vorkommenden Störungen in der Stromerzeugung und Stromleitung auf den Grund zu kommen. Auf diesem Wege gewinnt man rasch Sicherheit und Gewandtheit in der Handhabung des elektrischen Stromes und hat nicht nöthig, die unentbehrlichen Vorstudien an seinen Patienten anzustellen. Der letztere Weg ist jedenfalls der verkehrteste, wenn der angehende Arzt die Absicht hat, sich und seinem Heilmittel beim Publikum Vertrauen zu erwerben.

Man beginne die Vorübungen an den Extremitäten, besonders an der Hand und am Vorderarm und gehe allmälig zu den empfindlicheren Partien — Unterschenkel, Hals, Gesicht — über. Die anfängliche Empfindlichkeit der Haut gegen den elektrischen Reiz stumpft sich durch die Gewöhnung sehr bald ab.

Nächst den Vorübungen am eigenen Körper sind solche an Versuchspersonen zu empfehlen.

Beabsichtigt man an Patienten zu operiren, so unterlasse man nie, die Stärke des Stromes vorher am eigenen

Körper zu prüfen. Empfindliche Personen nehmen es sehr übel, wenn man sie mit einem zu starken Strome überfällt, und verlieren nicht selten die Lust an der Fortsetzung der Kur. In den meisten Fällen genügt die Prüfung des Stromes an der eigenen Hand; handelt es sich aber um Faradisirung sehr empfindlicher Regionen, z. B. des Gesichts, so setze man die Elektroden vorher am eigenen Gesichte auf, um sich von der Intensität des Stromes zu überzeugen.

Zur Minderung des Hautschmerzes dient ruhige und sichere Führung der Elektroden, kräftiges Aufdrücken derselben und Vermeidung eines unsichern Hin- und Herfahrens mit den Stromgebern. Will man bei empfindlichen Personen ganz sicher gehen, so setze man die Elektroden bei sehr geringer Stromstärke fest auf und verstärke alsdann den Strom allmälig bis zu dem nöthigen Intensitätsgrade.

Ferner ist beim Elektrisiren darauf zu achten, dass der Körper oder wenigstens das betreffende Glied sich in einer sicheren Lage befindet, dass die Haut beim Ansetzen nicht verschoben wird, was bei mageren Individuen gar leicht geschieht, endlich dass die Lagerung des Gliedes bei der jedesmaligen Faradisirung dieselbe ist.

Wird die Lage des Gliedes geändert, so verändert sich häufig auch das Lageverhältniss der Hautoberfläche zu den tieferen Partien und das Verhältniss der letzteren unter sich. Es werden deshalb die bei gestreckter Haltung einer Extremität bezeichneten motorischen Punkte sich in gebeugter Stellung derselben häufig als nicht zutreffend erweisen. Man thut aus diesem Grunde gut, im Anfange die Versuchsperson stets in derselben Lage zu faradisiren, am besten in der horizontalen Lage, um alle Muskeln gleichmässig zu erschlaffen.

Der Anfänger möge sich ferner immer wieder der Thatsache erinnern, dass der negative Pol beider Ströme eine stärkere Wirkung auf die motorischen sowohl als auf die sensiblen und Sinnes-Nerven ausübt, als der positive — vorausgesetzt, dass die Elektroden von gleicher Dicke sind. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man am eigenen Körper sensible Partien reizt und die Pole wechselt. Bezeichnet man sich ferner die motorischen Punkte zweier homologer Muskeln im Gesichte mit Farbe und reizt nun die beiden Facial-Aeste

gleichzeitig, den linksseitigen mit dem positiven, den rechtsseitigen mit dem negativen Pole, so wird die dadurch gesetzte Contraction und Sensation rechts energischer sein als links; mit dem Wechsel der Pole wird sich die Sache aber umgekehrt verhalten. Der Anfänger bediene sich deshalb bei der localisirten Faradisirung stets des negativen Poles zur Reizung der Muskelnerven und schliesse mit der positiven Elektrode, welche, um die Stärke des negativen Pols zu erhöhen, mit einer grösseren Contactfläche zu versehen ist, die Kette an einem indifferenten Punkte des Körpers. An welchem Punkte des Inductionsapparates der positive Strom austritt, ermittelt man leicht durch die bekannte Elektrolyse des Jodkaliums [1]).

Beabsichtigt man complete Contractionen grösserer Muskeln durch directe Reizung der Muskelsubstanz zu erzielen, so ist die Vergrösserung der Contactflächen an den Elektroden sehr begünstigend für das Zustandekommen completer Verkürzungen. Setzt man z. B. eine der stricknadeldünnen mit Schwammkappe versehenen Elektroden oder selbst beide auf den M. pectoralis major oder deltoideus auf, so erhält man selbst bei sehr starkem Strome nur Contractionen einzelner Bündel, wählt man aber Elektroden mit grossen plattenförmigen Contactflächen, so erhält man schon bei mässigem Strome, besonders wenn man beide Elektroden auf den Muskel aufsetzt, eine energische Verkürzung des ganzen Muskels. Die Erklärung dieser Erscheinung ist in den oben erörterten physikalischen Gesetzen gegeben. Die Strombahn, welche

---

1) Das Verfahren bei der Bestimmung der Pole des Batteriestroms ist folgendes: Ein Stück Fliesspapier wird mit flüssigem Stärkekleister getränkt, dem eine gute Dosis Jodkaliumlösung zugesetzt ist. Ist das Papier vollständig durch- und überzogen, so setzt man die in Platindrähte auslaufenden Enden der Leitungsschnüre nahe bei einander auf dasselbe auf. Sobald die Kette geschlossen ist, entsteht am positiven Pole vermöge der Elektrolyse des Jodkaliums resp. des Freiwerdens des Jods am positiven Pol eine blaue Färbung durch die Jod-Bläuung des Amylum.

Auf dieselbe Weise werden die Pole am Inductionsapparate bestimmt, jedoch ist hier der Hammer festzustellen und der Oeffnungsstrom auf das Papier zu leiten. Selbstverständlich muss hier, wenn die Bestimmung für die Zukunft richtig sein soll, auch die Richtung des primären Stroms immer dieselbe sein, d. h. der positive Strom muss immer an ein und derselben Klemmschraube in den Inductionsapparat eintreten.

von der grossen Contactfläche aus in den Muskel eintritt, ist viel umfänglicher als die der feinen Elektrode; somit werden von der ersteren eine weit grössere Zahl von motorischen Nervenfasern gereizt werden als von der letzteren. Bei sehr intensiver Stromstärke kommt hinzu, dass der Strom noch in der nächsten Umgebung der Eintrittsstelle eine zur Erzeugung von Reizerscheinungen hinreichende Dichtigkeit besitzt. Dieses Rayon wird selbstredend unendlich viel grösser sein, wenn der Querdurchschnitt des eintretenden Stromes einen Zoll, als wenn er einige Linien im Durchmesser hat.

Hiernach ist es also nicht nur physikalisch vollkommen gerechtfertigt, sondern sehr empfehlenswerth, bei der therapeutischen Anwendung des elektrischen Stromes, sobald es sich um die Erzielung von Muskelcontractionen handelt, Elektroden mit grossen feuchten Schwammkappen in Gebrauch zu nehmen. Die intramuskuläre Erregung gelingt alsdann schon bei weit geringerer Stromstärke, als bei der Anwendung feiner Elektroden, und die Reizung der Hautnerven ist eine erheblich schwächere.

Für die extramuskuläre Erregung motorischer Nerven sind, wenn es nicht auf besondere Exactheit des Effectes ankommt, ebenfalls grössere Contactflächen an den Elektrodenenden zu verwenden; sie bringen auch hier den Vortheil geringerer Schmerzerregung in der Haut mit sich. Die extramuskuläre Reizung mit mässig grossen Schwammkappen ist überall, wo sie vermöge der anatomischen Anordnung möglich ist, vorzuziehen, weil durch sie eine complete Contraction des Muskels bei geringer Stromstärke und unter relativ geringer Schmerzempfindung erzielt wird.

Eine feine Elektrode mit dünner Schwammkappe ist aber unentbehrlich, sobald es sich um isolirte Reizung kleiner Muskeln oder feiner Nervenzweige handelt, z. B. im Gesicht oder am Halse, ferner wenn man die physiologische Wirkung der Contraction einzelner Muskeln studiren oder zu diagnostischen Zwecken die Erregbarkeitsgrade für bestimmte Stromstärken oder für die verschiedenen Stromesarten ganz exact feststellen will.

Für die gleichzeitige Erregung zweier homologer Muskeln besonders beim Studium der mimischen Effecte der Gesichtsmuskeln ist es nicht zweckmässig, den einen Muskel mit dem positiven, den andern mit dem negativen Pole zu reizen, da die Verkürzung des von der negativen Elektrode gereizten Muskels

stärker ausfällt als die des gegenüberliegenden vom positiven Pole erregten Muskels. Um nun eine ganz gleichmässige Wirkung zu erhalten ist es rathsam, den einen Poldraht in zweie zu zerlegen. Ich spalte gewöhnlich bei Inductionsströmen den negativen Poldraht in der Weise, dass ich in die Klemmschraube des negativen Pols 2 kurze Kupferdrähte einlege, welche sich innerhalb der Klemmschraube mit ihren durch Abfeilen gebildeten Flächen innig berühren, welche aber ausserhalb derselben von einander gebogen sind. An jeden dieser Drähte befestige ich eine Leitungsschnur nebst der daranhängenden feinen Elektrode. Der positive Poldraht bleibt ungetheilt: seine Leitungsschnur endet in eine Elektrode mit grosser Contactfläche, welche die Versuchsperson auf dem Sternum fixirt. Ich habe alsdann durch die Theilung des negativen Poldrahts 2 Elektroden für die isolirte Reizung der homologen Muskeln gewonnen, welche *durchaus gleichstarke Ströme liefern*, während der Patient selbst das Schliessen der Kette an einer indifferenten Hautstelle mittelst des positiven Pols ausführt.

Es verdient endlich erwähnt zu werden, dass *ein starkes Fettpolster die localisirte Faradisirung wesentlich erschwert*, indem dasselbe zwischen der Haut und dem zu reizenden Muskel oder Nerven eine starke Schicht gut leitenden Gewebes bildet, welche zu comprimiren schwer, ja oft geradezu unmöglich ist. Steigerung der Stromstärke ermöglicht zwar Ueberwindung des Hindernisses und das tiefere Eindringen des Stromes, allein dadurch wird die Schmerzhaftigkeit der Procedur erheblich erhöht. Dieser Umstand ist aber nicht gering anzuschlagen, da sich ein stark entwickelter Panniculus adiposus gerade bei *kleinen Kindern* findet, welche gegen den elektrischen Strom ohnehin lebhaft reagiren und dadurch eine ruhige Beurtheilung pathologischer Veränderungen in den Muskeln z. B. bei der so häufigen spinalen Kinderlähmung, ungemein schwierig und die elektrische Behandlung solcher Zustände sehr unerquicklich machen. In Fällen, wo eine genaue elektrische Untersuchung solcher empfindlicher Patienten in diagnostischer und therapeutischer Hinsicht von Wichtigkeit ist, bleibt Nichts übrig, als die Exploration in der Chloroformnarkose vorzunehmen.

Anatomisch-physiologische Data

zur Methode der

Localisirung des elektrischen Stromes.

Die Aufgabe der nachstehenden Erörterungen und der beigegebenen bildlichen Darstellungen ist Klarlegung des Lageverhältnisses der Muskeln und Nerven zur Oberfläche, oder mit anderen Worten, die Projection der für die elektrische Reizung zugänglichen oder besonders geeigneten Stellen an den Nerven und Muskeln auf die äussere Haut. Nur der, dem die anatomischen Beziehungen der Muskeln und Nerven zu einander, zum Skelett und besonders zur Körperoberfläche vollständig geläufig sind, wird in der Lage sein, den elektrischen Strom mit wissenschaftlicher Schärfe zu localisiren.

An diese Aufgabe schliessen sich enge die interessanten Fragen nach den Functionen der einzelnen Muskeln an. Duchenne hat zuerst durch seine trefflichen Arbeiten den Beweis geliefert, dsas man die gröbere Physiologie des willkürlichen Muskelsystems mit Hülfe seiner Methode der localisirten Faradisirung am Lebenden studiren könne [1]). Freilich gehören zu einem

---

1) »La possibilité de limiter la puissance électrique dans chacun des muscles ou des faisceaux musculaires, et d'imiter ainsi les mouvements volontaires, devait faire naitre une idée féconde: celle d'étudier l'action individuelle des muscles et conséquemment la physiologie des mouvements sur l'homme vivant. C'était, pour ainsi dire, l'anatomie

solchen Studium gründliche anatomische Kenntnisse und besondere Gewandtheit in der Ausübung der Methode und in der Handhabung der Apparate; allein beide lassen sich durch Fleiss und Uebung erwerben.

Zur Erleichterung dieses Studiums habe ich auf den nachstehenden Blättern alle jene Thatsachen kurz zusammengestellt, deren Kenntniss ich für die Ausübung einer wissenschaftlichen Elektrotherapie für unentbehrlich halte. Detaillirte Erörterungen über die Function der einzelnen Muskeln habe ich thunlichst vermieden, dagegen überall den Effect der Reizung eines sensiblen oder motorischen Nerven oder die Wirkung der Verkürzung eines Muskels in Kürze angegeben und die letzteren — wenn auch nur zum kleinen Theil — durch xylographisch wiedergegebene, photographisch am Lebenden aufgenommene Illustrationen klar zu legen gesucht. Die Wichtigkeit, ja Nothwendigkeit solcher bildlichen Darstellungen für das Studium der Anatomie, sowohl für den Mediciner als für den Künstler, bedarf keiner Ausführung. Duchenne hat in seinem schönen photographischen Werke über die Elektrophysiologie der Mimik [1]) eine Reihe eben so wichtiger als interessanter Thatsachen niedergelegt und damit der Medicin nicht nur, sondern auch der plastischen Kunst eine reichhaltige Quelle der Belehrung erschlossen. Die Früchte einer weiteren Ausdehnung dieser Studien hat Duchenne einige Jahre später in einem grösseren Werke [2]) niedergelegt, welches auf den nachfolgenden Blättern häufig citirt werden wird.

Indem ich die ersten Angaben Duchenne's betreffs der Function der Gesichtsmuskeln prüfte und theils zu einfach bestätigenden, theils zu abweichenden Resultaten gelangte, drängte

---

vivante, pratiquée sur les animaux par les anciens, et réalisée pour la première fois sur l'homme vivant, sans opération sanglante, avec des procedés inoffensifs, dus aux progrès de ma méthode de faradisation localisée«. Duchenne, Physiologie des mouvements. Préface fol. V.

1) Mécanisme de la Physionomie humaine ou Analyse électro-physiologique de l'expression des passions, applicable à la pratique des arts plastiques. Album (72 figures photograph.) Paris 1862.

1) Physiologie des Mouvements, demontrée á l'aide de l'expérimentation électrique et de l'observation clinique et applicable à l'étude des paralysies et des deformations. Paris 1867.

sich mir schon der Gedanke auf, dass diese instructive Methode, die Anatomie und die Function der Muskeln am Lebenden zu studiren, einer grösseren Verbreitung bedürfe, damit der Arzt sowohl als der Künstler Gelegenheit habe, dieselbe zu studiren und für seine Berufsarbeit zu verwerthen. Das bald darauf erschienene, vorhin citirte Werk Duchenne's über den Mechanismus der menschlichen Physiognomie bewies zwar aufs eclatanteste die Instructivität solcher photographischer Darstellungen der Muskelfunction, zeigte zugleich aber auch, dass die Methode der photographischen Vervielfältigung trotz ihrer Naturtreue nicht geeignet sei zur Popularisirung, und zwar lediglich wegen des hohen Preises der Abbildungen. Meine Idee, das ganze willkürliche Muskelsystem, soweit es dem elektrischen Strom zugänglich wäre, in seiner Thätigkeit zu demonstriren, war schon im Jahre 1860 der Ausführung nahe: eine grosse Anzahl von Photographien lag für die Xylographie bereit; allein es scheiterte das Unternehmen doch schliesslich an den enormen Kosten.

Nachdem nun auch Duchenne's Physiologie des mouvements trotz seiner sonstigen Verdienste diese Lücke nicht ausgefüllt hat, habe ich bei den Vorbereitungen zu der vorliegenden 4. Auflage die Sache wieder aufgenommen und mit Hülfe des Herrn Verlegers wenigstens theilweise ausgeführt. Die Herstellungskosten derartiger Photographien und Xylographien sind so bedeutend, dass ich an eine sofortige vollständige Lösung der Aufgabe nicht denken konnte. Ich habe deshalb vorläufig nur den grösseren Theil der Muskeln des Kopfes und der Hände vorgeführt, und hoffe, dass es mir möglich sein werde, jede der in der Folge etwa nöthig werdenden Auflagen um eine neue Serie von Darstellungen zu bereichern.

Die Holzschnitte sind sämmtlich nach Photographien gearbeitet, welche unter meiner persönlichen Leitung ausgeführt worden sind. In derselben Weise sind auch die schon in der frühern Auflage erschienenen Holzschnitte, sowie die am Schlusse angehängte lithographirte Darstellung der motorischen Punkte am Kopf und Hals angefertigt. Die Bezeichnung der motorischen Punkte und Linien auf der Haut der Versuchspersonen geschah nach meiner oben erörterten Methode. Mittelst der feinen negativen Elektroden wurde, während die breite positive Elektrode auf dem Sternum stand, der motorische Punkt festgestellt und zunächst

mit dunkelblauer Kreide[1]) aufgezeichnet, nach hinreichenden Controllversuchen aber sofort mit Höllenstein fixirt.

Da in den Bezeichnungen, welche den Abbildungen unmittelbar angefügt sind, Kürze des Ausdrucks vor Allem geboten war, so habe ich hier von einer Unterscheidung, ob Reizung der Muskelsubstanz selbst oder des motorischen Nerven Platz fände, meistentheils Umgang genommen. Ich habe, um ein Beispiel zu wählen, auf der Lithographie den Facialiszweig, welcher den Stirnmuskel innervirt, nicht als Ram. Nervi facial. pro musc. frontal., sondern einfach als M. frontalis bezeichnet. Die Uebersicht wird durch Kürze der Bezeichnungen erleichtert und der Text giebt ja bei etwaigem Zweifel genügenden Aufschluss.

Kopf.

Der Stamm des **Nervus facialis** kann nach Duchenne's Vorschrift vom äusseren Gehörgange aus gereizt werden, indem man eine dünne Elektrode gegen dessen untere Wand andrückt. Dieses Verfahren, schon bei mässiger Stromstärke sehr schmerzhaft, setzt erst bei der Anwendung stärkerer Ströme eine energische Contraction sämmtlicher vom Facialis innervirter Muskeln. Der Reichthum des äusseren Gehörganges an sensiblen Nerven vom N. auriculo-temporalis Paris quinti ist die Ursache der excessiven Schmerzhaftigkeit dieses Duchenne'schen Verfahrens.

Nach meinen Versuchen ist es nicht nöthig, die Elektrode in den äusseren Gehörgang einzusenken, sondern man erzielt durch Ansetzen des Stromgebers unmittelbar unter dem Porus acusticus externus in dem hier meistentheils vorhandenen Grübchen der Ohrmuschel (vergl. Taf.) einen ebenso kräftigen Effect und verursacht geringere Schmerzen.

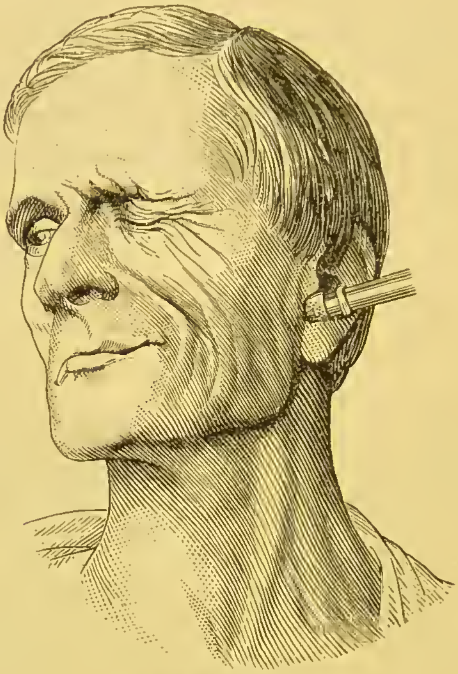
Noch schmerzloser, jedoch nur bei mageren Personen von genügender Wirkung, ist die Reizung des N. facialis unmittelbar nach seinem Austritt aus dem Foramen stylomastoideum, in-

1) Die dunkelblaue Sorte der Creta polycolor von Sussner in Nürnberg eignet sich zu diesem Zwecke sowie überhaupt zum Zeichnen auf der Haut unter allen Zeichnenmaterialien am besten.

dem man die dünne Elektrode unmittelbar unter der Ohrmuschel zwischen Proc. mastoideus und dem Proc. condyloideus des Unterkiefers kräftig eindrückt.

Die Reizung des Facialis-Stammes giebt einen überraschenden Effect. Die ganze Gesichtshälfte wird nach der gereizten

Fig. 28.



Nervus facialis.

Seite verzogen, Nase und Mund schiefgestellt, das Auge fest geschlossen, die Haut der Gesichtshälfte in zahllose Falten gelegt. Die Verkürzung aller Gesichtsmuskeln der einen Seite, wie sie Fig. 28 zeigt, tritt uns klinisch in derselben Weise in schweren Fällen von Facialiskrampf entgegen.

Von den Aesten, welche der N. facialis sofort nach seinem Austritt aus dem Canalis Fallopiae abgiebt, schwingt sich der **Ram. auricularis posterior** am vorderen Umfange des Proc. mastoid. aufwärts, und liegt hier ganz oberflächlich unmittelbar hinter der Verbindung des Ohrknorpels mit dem Schädel (vergl. Taf.). Die Reizung dieses Facialzweiges, welche wegen der vielfachen Anastomosen mit den Nn. auricularis magn. und occipitalis min. sehr schmerzhaft ist, setzt Contraction im **M. occipitalis**, in den **Mm. retrahentes auriculae** und **attollens** (hinterer

Theil); der Effect ist Detraction der Kopfhaut nach hinten, sowie Erhebung der Concha nach hinten und oben.

Nach der Theilung des Ram. auricularis post., welche bald höher bald tiefer erfolgt, lassen sich seine beiden Zweige isolirt reizen (vergl. Taf.). Der Ram. posterior ergiebt isolirte Detraction der Galea, der Ram. anterior Erhebung der Concha nach hinten und oben. Eine isolirte Retraction der Auricula ohne Erhebung lässt sich übrigens nicht hervorbringen, weil bei einer Reizung der feinen Zweiglein für die Mm. retrahentes eine Läsion der zum Attoltens aufsteigenden Aestchen nicht vermieden werden kann. Einige Male konnte ich allerdings eine isolirte und auffallend energische Retraction der Ohrmuschel hervorrufen, jedoch fehlte hier der M. attollens ganz und es waren die Retrahentes dafür um so kräftiger entwickelt.

Ein Zweiglein des Ram. auricular. poster., welches zum **M. tragicus** und **antitragicus** geht, habe ich häufig mitten auf dem Proc. mastoid. oder an dessen innerem Rande gefunden und bis an die Fissura intertragica verfolgen können. Reizung desselben auf dem Proc. mastoid., also in einer Entfernung von $^1/_2$—$^3/_4$″ von seinen Muskeln, setzt Verengerung der Fissura intertragica mit Fältelung der Haut, so zwar, dass der Antitragus dem Tragus genähert wird, beide aber gleichzeitig nach innen und oben gezogen werden.

Die **Mm. helicis major** und **minor** verkürzen die Concha ein wenig von oben nach unten, sehr oft aber ist ein Effect Seitens dieser Muskeln überhaupt nicht zu erzielen weder durch Reizung ihrer Nervenästchen, welche aus den Rami temporales abtreten und gewöhnlich in der Nähe des Tragus sich finden lassen, noch durch directe Reizung der Muskelsubstanz.

Die Function der Ohrmuskeln durch Aufsetzen der Elektroden auf die Muskeln zu eruiren, wie dies von Duchenne geschieht, giebt bei der Beweglichkeit der Ohrmuschel und der Subtilität der Muskelbewegungen noch leichter zu Täuschungen Anlass, als dies bei den Gesichtsmuskeln der Fall ist. Hier wie dort muss man sich, wo es die anatomischen Verhältnisse überhaupt möglich machen, der Erregung der betreffenden motorischen Nervenäste bedienen.

Die Facialis-Aeste für **M. stylohyoideus** und **M. digastricus** lassen sich zuweilen bei mageren Menschen — jedoch höchst

selten isolirt — reizen, und zwar, indem man die feine Elektrode hinter den processus condyloid. des Unterkiefers tief eindrückt (vergl· Taf.). Ihre Verkürzung manifestirt sich durch Bewegung des Zungenbeins nach aussen, hinten und oben. Nicht blos Fettreichthum des Unterhautzellgewebes ist hier hinderlich, sondern noch viel mehr ein stark entwickeltes und weit nach hinten reichendes Platysma.

Auf der Parotis sind die einzelnen grösseren Aeste des Facialis leicht zu finden und setzen gereizt Contractionen in bestimmten Muskelgruppen, welche der gangbaren Eintheilung in Rami temporales, zygomatici, buccales, subcutanei maxill. infer. und subcutanei colli im Allgemeinen entsprechen.

Diejenigen Facialis-Aeste nun, welche die Parotis verlassend auf dem Knochen mehr weniger fest aufliegen, lassen sich mit Hülfe feiner Elektroden auf das Genaueste in ihre Zweige auflösen. Schwerer dagegen und fast nur bei mageren Individuen gelingt es, den Verlauf einzelner Zweige zu verfolgen, welche auf oder in Weichtheilen gebettet liegen, nämlich der Rami subcutanei colli und besonders der Rami buccales, nachdem sie den inneren Rand des Masseter überschritten haben. Hier muss man sich begnügen, jeden motorischen Zweig in der Nähe seines Muskels oder beim Eintritt in denselben zu reizen.

Es sei hier vorweg bemerkt, dass sich, wenn man an einer grossen Anzahl von Personen die Ausbreitung des Facialis in die Gesichtsmuskeln untersucht, vielfältige Varietäten finden, so dass meine Angaben nicht für alle Fälle ganz zutreffend sein können. Immerhin wird es aber mit ihrer Hülfe leicht sein, sich zu orientiren. — Ausser den Verschiedenheiten in der Ausstrahlung des N. communicans fand ich an den Muskeln folgende bemerkenswerthe Abweichungen: der M. frontalis war zuweilen besonders bei jungen Individuen so schwach entwickelt, dass er kaum einen Effect zeigte — der Corrugator supercilii zuweilen äusserst kräftig entwickelt — der Zygomat. major weit nach aussen entspringend, wenn ein Zygom. minor vorhanden war; fehlte dieser ganz, was ich sehr selten beobachtete, so rückte der Ursprung des Zygom. major weiter nach der Mittellinie hin. Die Muskeln der Nase und der Oberlippe fand ich zuweilen so verwachsen, dass sie sich nicht alle isoliren liessen — den Risorius Santorini häufig fehlend —

den Triangularis und Quadratus menti in einem Falle nebst dem Platysma ganz fehlend, dafür aber den Levator menti übermässig entwickelt — den Triangularis allein häufig fehlend — das Platysma hypertrophisch bei Leuten, welche sehr schwere körperliche Arbeit verrichten, z. B. bei Schmieden, Holzhauern u. s. w., weil diese Leute bei jedem mit Energie geführten Schlage das Platysma anzuspannen pflegen. Schlecht entwickelt oder ganz fehlend habe ich endlich das Platysma bei schwächlichen Individuen mit sitzender Lebensweise gefunden, z B. bei Schneidern [1]).

Die einzelnen für die Gesichtsmuskeln bestimmten Zweige des N. facialis anlangend, so setzt die Reizung der Aestchen für die **Mm. attrahentes auriculae** und den **M. attolens auricul.** (vordere Partie), welche am besten auf dem Jochfortsatz des Schläfenbeins geschieht (vergl. Taf.), Erhebung der Concha nach oben und gleichzeitig etwas nach vorne. Die unvermeidliche Reizung der sensiblen Elemente des N. auriculo-temporalis wird einigermassen durch starkes Aufdrücken der Elektrode paralysirt.

M. frontalis lässt sich stets isolirt auf extramuskulärem Wege zur Contraction bringen, da der Facialiszweig, welcher ihn innervirt, bevor er in seine Endzweiglein zerfällt, eine grosse Strecke weit — durch die Schläfe herab bis auf den Jochbogen — freiliegt und also der Elektrode zugänglich ist (vgl. Taf.). Der Frontaliszweig entspringt gewöhnlich mit dem zu den Mm. attrahentes et attolens auriculae ziehenden Zweige gemeinsam aus einem grösseren Aste des N. facialis, wie auf der Tafel zu bemerken.

Dass man auch durch Aufsetzen der Elektrode auf den M. frontalis eine Verkürzung desselben erzielen könne, ist selbstverständlich, jedoch fällt die Contraction lange nicht so vollständig und exact aus wie bei der extramuskulären Erregung des Facialiszweiges; ferner behindert die aufgesetzte Elektrode

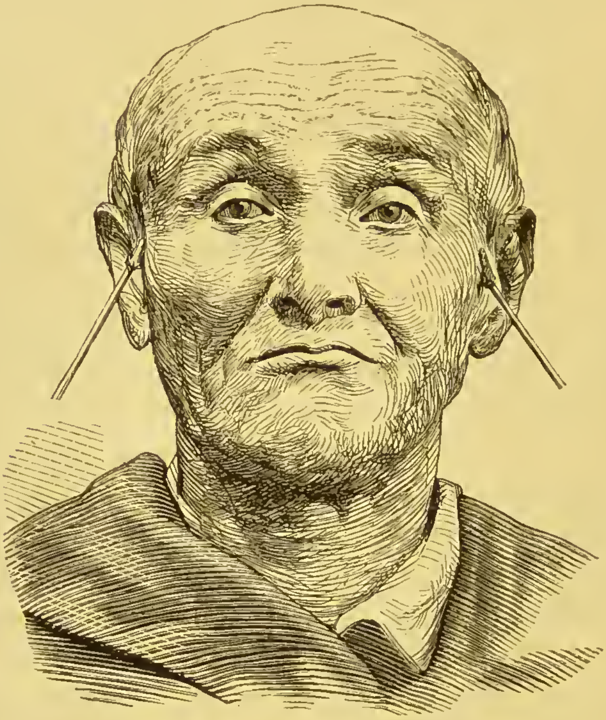
---

1) In Bezug auf die nachstehenden bildlichen Darstellungen der Wirkung einzelner Gesichtsmuskeln bemerke ich noch, dass bei einseitiger Reizung der Effect für den Beschauer nur dann deutlich hervortritt, wenn die nicht gereizte Gesichtshälfte genau bis zur Medianlinie (etwa mit einem Kartenblatte) bedeckt wird.

nicht allein die freie Bewegung des Muskels und der Haut, sondern bewirkt auch ihrerseits Verschiebungen und Faltenbildungen in der Haut, welche den klaren Einblick in die Function des Stirnmuskels ungemein stören.

Durch die isolirte Contractien des Stirnmuskels wird, wie Fig. 29 zeigt, die Haut der Stirne in horizontale, in der Mittellinie etwas nach unten eingebogene Falten gelegt, welche um so tiefer und zahlreicher ausfallen, je älter das Individuum ist, welche dagegen bei kindlichen Individuen sehr spärlich und flach hervortreten. Ausser der Querfaltung der Stirnhaut tritt eine Verzieh-

Fig. 29.



Musculus frontalis.

ung der Haut der Margines supraorbitales, der Glabella und in geringem Grade auch der oberen Augenlider nach oben ein, sodass die Augenbrauen etwa in der Gegend der Arcus superciliares zu stehen kommen und die oberen Augenhöhlenränder fingerbreit von glatter haarloser Haut bedeckt erscheinen. Der durch diese Muskelaction hervorgebrachte mimische Ausdruck wechselt je nach der Intensität der Reizung zwischen Aufmerksamkeit, Erstaunen, höchster Ueberraschung und Entsetzen (Muscle de

l'attention, et par ses combinaisons muscle de la surprise, de l'admiration, de l'effroi, Duchenne), jedoch bedarf der Ausdruck, um nicht fade zu erscheinen, wie dies auf Fig. 29 entschieden der Fall ist, der Mitwirkung anderer Gesichtsmuskeln, z. B. des M. zygom. major (freudiges Erstaunen) u. A. —

Personen, welche an Lähmung des M. levator palpebr. super. leiden, nehmen den M. frontalis behufs Hebung des oberen Augenlides ungewöhnlich stark in Anspruch. In zwei von mir beobachteten Fällen von angeborener Lähmung resp. Mangel beider Mm. levatores palpebr. sup., welche merkwürdigerweise Mutter und Sohn betrafen, konnte ich eine beträchtliche Hypertrophie der Mm. frontales constatiren.

M. corrugator supercilii ist ebenfalls der extramuskulären Reizung zugänglich, da sich sein Facialiszweig (nicht selten existiren deren zwei) schon in ziemlich grosser Entfernung von dem Muskel isoliren lässt (vgl. Taf.). Bei der Nähe der zu dem M. orbicularis palpebr. ziehenden Nervenzweige, welche unmittelbar unter dem Corrugator-Aestchen hinlaufen, ist eine feine Elektrode unentbehrlich.

Die Contraction des Corrugator bewirkt eine Abflachung und Depression der Augenbrauen und ihrer Basis nach innen und unten, sodass das Auge von oben und aussen her beschattet wird und im äussersten Falle die Augenbrauen das obere Augenlid bedecken. Gleichzeitig hebt die mediale Zacke des Muskels den inneren Theil der Augenbrauen nach oben und innen zur Stirne empor, wodurch bei doppelseitiger Reizung die Haut auf der Glabella in verticale Falten gelegt wird [1]).

Der Corrugator vermittelt den Ausdruck des Nachdenkens, des Ernstes, des Schmerzes und des Zorns; sein mimischer Effect kann vom ästhetischen Standpunkte aus mit Fug und Recht als der schönste und ausdrucksvollste unter Allen bezeichnet werden.

M. orbicularis palpebrarum. Der oberflächliche Verlauf des motorischen Nerven gestattet, wie bei den Vorhergehenden, eine extramuskuläre Reizung. Dieselbe kann entweder auf dem Jochbein oder selbst über dasselbe hinaus nach der Parotis zu

---

1) Leider ist die hierhergehörige schöne Photographie durch einen fatalen Zufall für den Xylographen unbrauchbar geworden.

geschehen (vgl. Taf.). In der Nähe des Augenhöhlenrandes zerfährt der Nerv gewöhnlich in einen oberen und einen unteren Zweig, welche der oberen und unteren Hälfte des Muskels entsprechen. Die Reizung des Nerven vor seiner Theilung schliesst das Auge fest und legt die Haut der Augenlider in zahlreiche Falten. Nach der mimischen Gesammtwirkung des M. orbicularis palpebr. bezeichnet ihn Duchenne als Muscle du mépris et complémentaire du pleurer.

In der Nähe der Augenhöhle ist in Betreff der Stromstärke Vorsicht nöthig, da, wie oben bemerkt, schwache elektrische Ströme bei manchen Individuen lebhafte Lichterscheinungen hervorrufen. Dies gilt jedoch weit weniger von den inducirten, als von den galvanischen Strömen. Schwache inducirte Ströme kann man ohne Nachtheil sogar auf Conjunctiva und Augenmuskeln localisiren, jedoch ist diese Procedur sehr schmerzhaft und von Röthung der Conjunctiva und lebhafter Thränensecretion gefolgt.

Den **M.** malaris s. orbicularis malaris (Henle), zwei glatte langausgezogene Muskelbündelchen, welche nach Henle[1]) ein Theil des M. orbicul. oculi, über dem Schläfenbogen von der Galea und von der Nasenwurzel entspringend und in bogenförmigem Verlaufe sich kreuzend in der Haut der Wange sich inseriren, konnte ich mittelst eines schwachen Stromes meistentheils sehr schön zur Anschauung bringen. Das äussere stärkere Bündel, welches von der Galea entspringend und Fasern aus dem M. corrugator superc. aufnehmend ziemlich senkrecht über das Jochbein herabläuft, lässt sich auf dem letzteren (der Ort wechselt) durch zartes Aufsetzen der Elektrode reizen; es legt durch seine Verkürzung die Schläfenhaut in der Nähe der Augenhöhle in feine Falten, welche nach dem äusseren Augenlidwinkel hin zusammenlaufen. Gewöhnlich wird hiebei die äussere Hälfte der Augenbrauen (weil ein Theil der Malarisfasern aus dem M. corrugator stammt) etwas herabgezogen und die Wangenhaut gehoben. Gleichzeitig verkürzt sich gewöhnlich auch das von der Nasenwurzel zur Wangenhaut herabziehende Bündelchen des M. malaris und bewirkt eine Verkürzung und Fältelung der Haut längs des unteren Orbitalrandes.

Die Contraction des äusseren Bündelchens verleiht dem Ge-

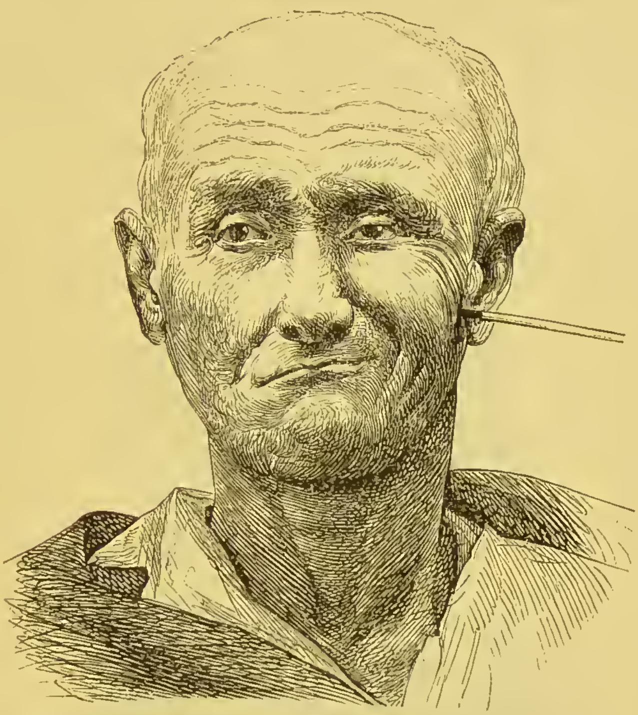
---

1) Henle, Anatomie des Menschen Bd. I, Heft 3, pag. 143.

sicht einen freundlichen, schalkhaften Ausdruck; sie ist eine fast constante Begleiterin der Contraction des M. zygomaticus major. Duchenne, der diese Muskelbündel noch als Orbicularis palpebrar. inf. auffasst, bezeichnet sie als Muscle de la bienveillance.

M. zygomaticus major ist ebenfalls der extramuskulären Reizung zugänglich, jedoch ist eine isolirte Erregung seines Facialiszweiges nur in der nächsten Nähe des Muskelursprunges am unteren äusseren Jochbeinrande (vergl. Taf.) ins Werk zu setzen, da weiter nach dem Stamme hin eine gleichzeitige Reizung des gewöhnlich von demselben Aste abtretenden Zweiges für den unteren Theil des M. orbitalis, sowie weiterhin des für den Sphincter palpebr. bestimmten Zweiges nicht zu vermeiden ist.

Fig. 30.



M. zygomaticus major.

Die Reizung des Zygomaticus-Zweiges gewinnt dadurch, dass das Jochbein dem Druck der Elektrode eine sichere Basis bietet, ausserordentlich an Sicherheit; es wird dadurch bei der leicht bestimmbaren Lage des Nerven die Erregung des M. zygomaticus major die leichteste unter den Gesichtsmuskeln und dürfte selbst dem Ungeübten kaum misslingen.

Durch die Verkürzung des M. zygomat. major wird der Mundwinkel und der anstossende Theil der Oberlippe nach aussen und oben verzogen, und die Haut der Wange in tiefe, nicht parallel, sondern theils nach dem Nasenflügel, theils nach der Nasenwurzel zu bogenförmig verlaufende Falten gelegt. Wird gleichzeitig der oben erwähnte, zum M. orbicularis oculi (unterer Umfang) verlaufende Nervenzweig gereizt, wie dies bei manchen Individuen gar nicht zu umgehen ist (vgl. Fig. 30), so wird ausserdem auch die Haut am untern Augenhöhlenrande in lange feine Falten gelegt, welche wie Radien nach dem inneren Augenwinkel zusammenlaufen.

Der M. zygomaticus major verleiht dem Gesicht den Ausdruck der Heiterkeit, welcher sich je nach der Intensität der Contraction vom zartesten Lächeln bis zum ausgelassensten Lachen, ja bis zur Carricatur steigern kann (Muscle de la joie, Duchenne). Fig. 30 giebt diesen mimischen Effect einseitig wieder. Es concurriren übrigens bei dem Ausdrucke der Heiterkeit, wie schon oben bemerkt, der M. malaris und orbicularis oculi.

Fig. 31.



M. zygomaticus minor.

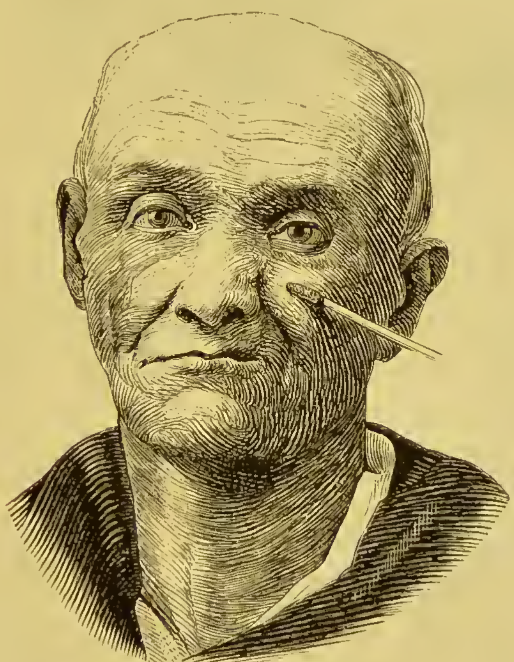
M. zygomaticus minor ist gewöhnlich isolirt zu erregen, jedoch, wie es mir scheint, meistentheils durch intramuskuläre

Faradisirung, da der M. zygomat. major die Eintrittsstelle seines motorischen Nerven deckt. Die zweckmässigste Stelle der Reizung ist (vergl. Taf.) der untere Rand des Jochbeins unmittelbar an dessen Verbindung mit dem Oberkieferbein. Die Reizung ist immer von lebhaftem Schmerze begleitet, weil man hier auf die Ausbreitungen des N. infraorbitalis trifft; die Wirkung ist Hebung der Oberlippe nach oben und etwas nach aussen.

Der mimische Ausdruck, den die Contraction des M. zygomaticus minor erzeugt, ist der der Missstimmung und des Schmerzes (Muscle du pleurer modéré et du chagrin, Duchenne).

M. levator labii superioris proprius ist sowohl wegen seiner tiefen Lage als besonders wegen der excessiven Schmerzhaftigkeit der Reizung — der N. infraorbitalis breitet sich hinter dem Muskel aus — nicht immer mit Sicherheit zu isoliren. Er hebt intramuskulär gereizt (vergl. Taf.) die Oberlippenhälfte fast senkrecht in die Höhe und entblösst dadurch zuweilen die Zähne.

Fig. 32.

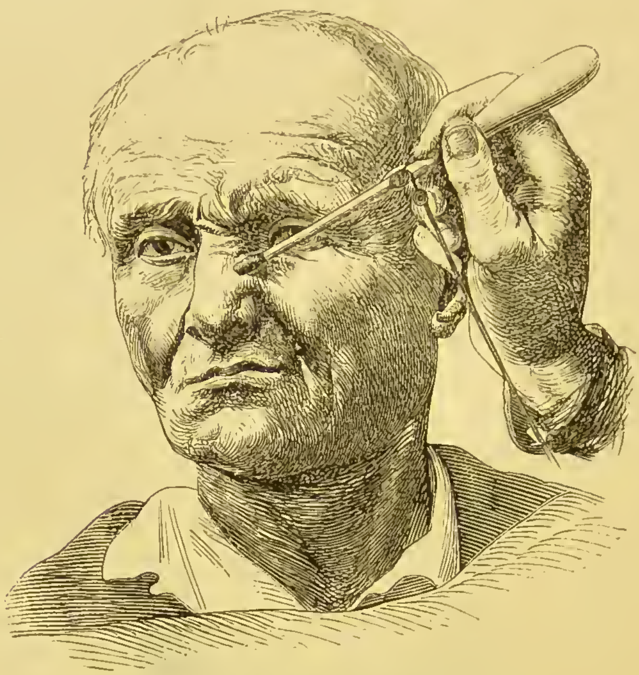


M. labii superioris proprius.

Der mimische Ausdruck ist der einer weinerlichen Stimmung (Muscle du pleurer, Duchenne).

M. levator lab. super. alaeque nasi ist stets an der auf der Tafel angegebenen Stelle isolirt zu reizen, jedoch nur unter lebhaften Schmerzen Seitens der Ausbreitung des N. infraorbitalis, nasociliaris u. A. — Seine Wirkung ist, wie der Name besagt, Hebung der Oberlippe und des Nasenflügels.

Fig. 33.



M. levator labii sup. alaeque nasi.

Der Muskel verleiht in der Verkürzung, wie der vorhergehende, dem Gesicht den Ausdruck der weinerlichen Stimmung, der Missstimmung (Muscle du pleurer et du pleurnicher, Duchenne); dieser Ausdruck wird aber bei intensiver Reizung leicht zur Grimasse.

M. compressor nasi et M. pyramidalis nasi. Diese beiden kleinen Muskeln können hier füglich zusammengefasst werden, da eine faradische Reizung an der auf der Tafel angegebenen Stelle eine gleichzeitige energische Contraction beider verursacht. Es zeigt sich alsdann eine Einfältelung der Nasenhaut auf der entsprechenden Seite in der Weise, dass die Falten parallel mit dem Nasenrücken verlaufen. Durch die Verkürzung des Pyramidalis wird ferner die Haut der Glabella durch Anspannung derselben nach unten geglättet, der innere Theil der Augenbrauen

wird nach unten und innen gezogen und auf der Nasenwurzel entstehen einige kurze dicke Falten, welche bei doppelseitiger Reizung eine horizontale Richtung haben, bei einseitiger Reizung dagegen mehr eine schräge, nach der gereizten Seite herabziehende Richtung besitzen.

Je nachdem man von der auf der Tafel bezeichneten Stelle aus mit der Elektrode etwas hinauf oder herab rückt, kann man den Pyramidalis oder den Compressor nasi isolirt zur Contraction bringen.

Die Contraction des M. Compressor nasi verleiht nach Duchenne dem Antlitz den Ausdruck der Lüsternheit (Muscle de la lasciveté, de la lubricité), welche Angabe ich zutreffend finde, während ich mit der Angabe desselben Autors, dass der Pyramidalis als »Muscle de l'agression, de la méchanceté« fungire, nicht einverstanden bin.

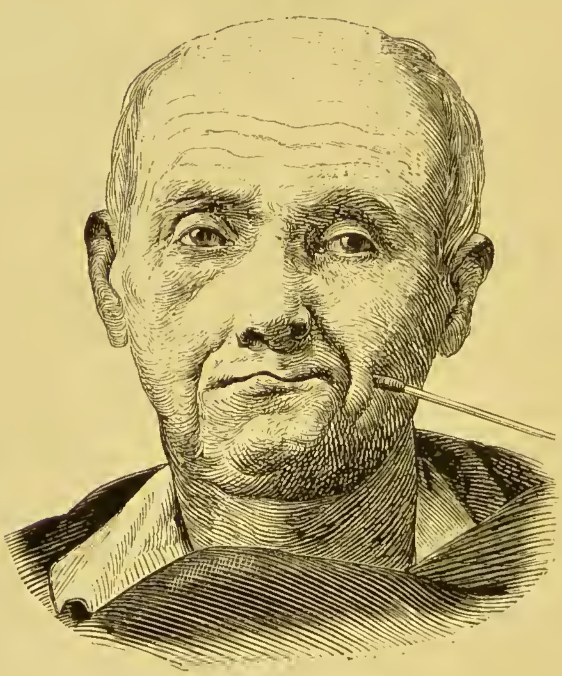
Mm. dilatator narium anterior und **posterior** sind bei manchen Personen sehr kräftig, bei anderen dagegen schwach oder gar nicht entwickelt. Man reizt sie durch directes Aufsetzen auf ihre Substanz an den auf der Tafel bezeichneten Stellen, wobei eine kräftige Hebung des Nasenflügels und Erweiterung des Nasenloches nach aussen (M. dilatat. post.) oder eine schwächere nach der Medianlinie hin (M. dilatat. ant.) zu Tage tritt. Zuweilen fand ich den für diese kleinen Muskeln bestimmten Facialiszweig unmittelbar unter dem für den M. levator lab. sup. alaeque nasi bezeichneten motorischen Punkte, dessen Reizung alsdann eine gemeinsame Action beider Dilatatoren zur Folge hatte.

Die elektrische Reizung aller genannten, an der Nase und in der Nähe des Foramen infraorbitale liegenden Muskeln ist, wie schon mehrfach erwähnt, überaus schmerzhaft durch den enormen Reichthum der Haut an Trigeminusfasern. Man bediene sich deshalb durchaus schwacher Ströme; man verhindert dadurch die störenden Mitbewegungen benachbarter Muskeln und kommt eher zum Ziele als durch stärkere Ströme. Man findet übrigens bei der Exploration vieler Individuen manche, welche relativ unempfindlich und deshalb für die einschlägigen Studien sehr geeignet sind. Am instructivsten ist jedenfalls das Operiren an chloroformirten Personen, welches mir im Beginne meiner Untersuchungen schätzenswerthe Dienste geleistet hat.

M. orbicularis oris. Die Facialiszweige dieses Ringmuskels treten von vier Seiten an denselben heran, nämlich auf jeder Gesichtshälfte je einer an die Ober- und Unterlippe. Man braucht also vier Elektroden, um den Sphincter oris zur completen Verkürzung zu bringen. Die Nervenzweige sind nur ganz in der Nähe des äusseren Randes des Muskels zu isoliren; zuweilen gelingt es aber auch hier nicht, und man muss sich alsdann mit der directen Muskelreizung begnügen. Reizung eines Nerven hat fast immer nur die Verkürzung der entsprechenden Hälfte der einen Lippe zur Folge. Selten und nur bei stärkerem Strome breitet sich die Contraction auch auf die Muskelfasern der anderen Lippenhälfte aus. Der Effect der faradischen Contraction des ganzen Sphincter oris ist Verkürzung der Lippen mit feiner Faltung der Haut und des rothen Lippensaums sowie Vorschiebung der zugespitzten Lippen. Ob hier eine Action der Mm. incisivi mit ins Spiel kommt, wage ich nicht zu entscheiden.

M. buccinator. Seine Nerven haben einen wandelbaren Verlauf und werden am besten am inneren Rande des M. mas-

Fig. 34.



M. buccinatorius.

seter aufgesucht; zuweilen freilich gelingt es schon an der Parotis, dieselben zu reizen, jedoch werden alsdann die für den Sphincter

oris bestimmten stets mitbetroffen und man erhält eine gleichzeitige Verkürzung des Buccinator und der betreffenden Hälfte der Ober- und Unterlippe. Die Wange erscheint alsdann an die Zähne gepresst, die Haut derselben in verticale Falten gelegt, die Ober- und Unterlippenhälfte verkürzt, an die Zähne gedrückt, erheblich nach der gereizten Seite hin verzogen.

Instructiver ist die Reizung des Buccinator von der Mundhöhle aus. Hier wird die Schleimhaut stark gefaltet, die Wange straff verkürzt und an die Zahnreihen gepresst.

Dass dem Buccinator eine bestimmte mimische Function zukomme, möchte ich bezweifeln und kann die Auffassung Duchenne's, der ihn Muscle de l'ironie nennt, nicht theilen.

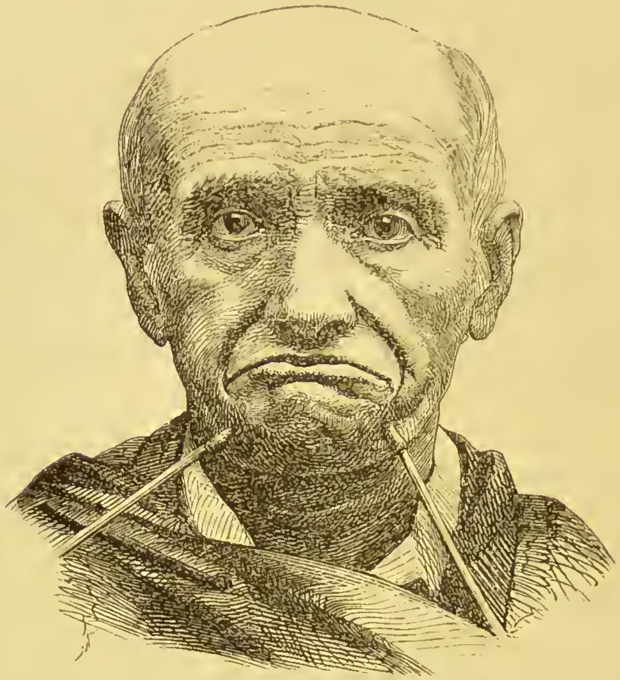
M. triangularis menti erhält seinen Nervenzweig gewöhnlich aus einem Stämmchen, welches auch dem M. mentalis ein Aestchen sendet. So kommt es, dass man an der auf der Tafel als »Ram. communis pro Mm. triangulari et levatore menti« bezeichneten Stelle die Elektrode aufsetzend beide genannten Muskeln gleichzeitig in Contraction versetzt. Der Nervenzweig des M. triangularis läuft nun von hier aus nach innen und etwas nach unten und lässt sich auf dieser kurzen Strecke bis zum äussern Rande seines Muskels (auf der Tafel als M. triangularis menti bezeichnet) isoliren. Man muss hiebei suchen, den Nerv gegen den Rand des Unterkiefers zu drücken, weil alsdann die Verkürzung am exactesten erfolgt.

Der M. triangularis zieht bei seiner Verkürzung den Mundwinkel und den äusseren Theil der Unterlippe nach unten und stark nach aussen, wodurch die Mundspalte bedeutend verbreitert, aber nicht geöffnet wird. Die isolirte Verkürzung beider Triangulares erzeugt eine Grimasse; in Verbindung mit anderen, den Ausdruck des Schmerzes vermittelnden Muskeln, z. B. levat. labii sup. prop., levat. labii sup. alaeque nasi wirken sie häufig beim Weinen mit, machen aber immer einen unschönen, grimassenhaften Effect. Duchenne's Bezeichnung »Muscle de la tristesse et complémentaire des passions agressives« ist nach meiner Beobachtung nicht ganz zutreffend.

M. quadratus menti muss gewöhnlich direct gereizt werden, da es nur gelingt, seinen Facialzweig zu isoliren, wenn zwischen Triangularis und Quadratus eine Lücke bleibt, in wel-

cher der Nerv am Kieferrande isolirt werden kann. Nur sehr selten findet man den betreffenden Facialzweig nach aussen vom äussern Rande des Triangularis isolirt.

Fig. 35.



M. quadratus menti.

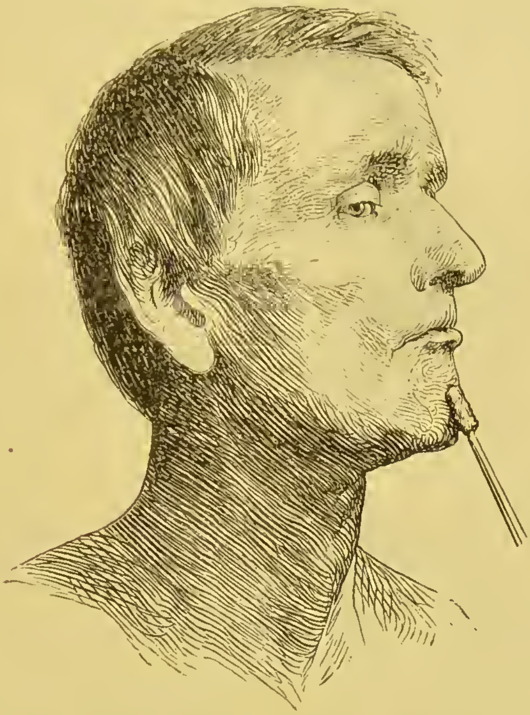
Der M. quadratus menti zieht die entsprechende Hälfte der Unterlippe nach unten und etwas nach aussen, und presst dieselbe dabei kräftig an die Zähne an. Diese Action verleiht beiderseits ausgeführt. den Ausdruck des Hochmuthes, der Vornehmthuerei, und concurrirt hierin entschieden mit der Wirkung des M. levator menti.

M. levator menti lässt sich nicht selten auf extramuskurem Wege in Verkürzung setzen, da sein Nervenzweig nach der oben angeführten Trennung vom Nerv des M. triangularis sich eine kurze Strecke isolirt verfolgen lässt. Sicherer geht man durch directes Aufsetzen der Elektrode auf die Muskelsubstanz am innern Rande des M. quadratus.

Führt man die Reizung des M. levator menti durch zwei feine Elektroden aus — bei manchen Personen genügt das Aufsetzen einer Elektrode auf der Mittellinie des Kinnes für beide Levatores (vgl. Fig. 36 u. 37) — so wird durch die Verkürzung

dieser kleinen, aber kräftigen Muskeln die Rundung des Kinnes abgeflacht und verbreitert, die Kinnhaut in die Höhe und die Unterlippe nach vorne geschoben, so zwar, dass die letztere sich nach vorne überwölbt und den rothen Lippensaum in grösserer Ausdehnung präsentirt.

Fig. 36.



M. levator menti. (Profil-Ansicht).

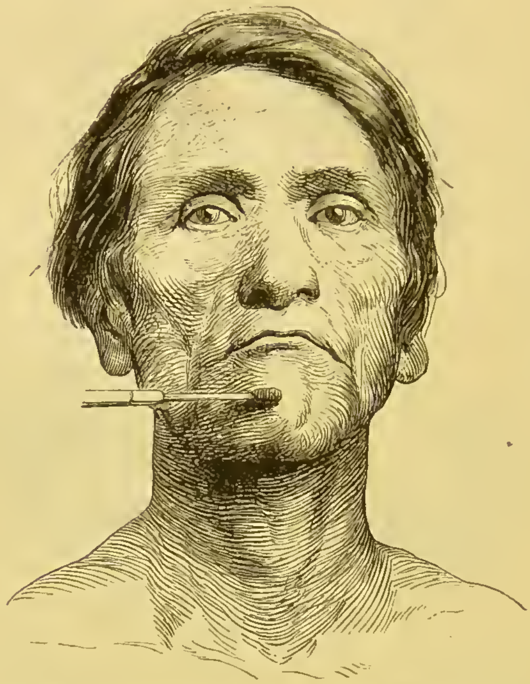
M. masseter und **M. temporalis** kann man wegen tiefen Eintritts ihrer motorischen Nerven (vom Ram. crotaphiticobuccinat. N. trigemini) nur durch intramuskuläre Reizung in Contraction versetzen, indem man die Elektrode auf die Muskelbäuche oberhalb des Eintrittes oder Verlaufes der motorischen Nerven aufsetzt. Für den Masseter ist die Incisura semilunaris zwischen Proc. coronoid. und condyloid. mandibulae, als Eintrittsstelle des N. massetericus, der geeignetste Ort. An dem M. temporalis ist die eine Elektrode am hintern, die andere am vordern Abschnitte aufzusetzen, entsprechend dem Verlaufe des Ram. temporalis prof. anterior und posterior.

Der Effect der intramuskulären Reizung, welche übrigens auch schon durch eine mit grosser Contactfläche versehene

Elektrode jederseits ausgeführt hinreichend kräftig ausfällt, ist bei geöffnetem Munde ein energisches Heranziehen des Unterkiefers an den Oberkiefer mit Zähneklappen.

Von der Muskulatur der **Mundhöhle** ist zunächst die **Zungenmuskulatur** allseitig der directen Reizung zugänglich. Die

Fig. 37.



M. levator menti. (Voll-Ansicht).

Zunge, auf einer Seite gereizt, verkürzt und verbiegt sich nach dieser Seite hin. Reizt man die nach oben und hinten geschlagene Zunge an der untern Fläche, so wird sie mit grosser Vehemenz herabgeschlagen.

Das **Velum** lässt sich durch seitliche Reizung nur wenig verziehen, dagegen ist eine Verkürzung und Dislocation desselben nach hinten und oben durch mittelkräftige Ströme leicht herzustellen, wenn man zwei Elektroden in Anwendung zieht.

Der **M. azygos uvulae** lässt sich auf directem Wege reizen, indem man die feine Elektrode gegen die Basis des Zäpfchens leise andrückt. Die Wirkung ist höchst überraschend und komisch. Die Uvula schnurrt in sich und nach oben dergestalt

zusammen, dass von ihr nur ein von Schleimhautfalten umsäumtes Knöpfchen am Rande des Velum übrig bleibt.

Der **M. constrictor pharyngis superior** ist ebenso der directen Faradisirung zugänglich, als der **medius** und **inferior.** Localisirt man den Strom mittelst einer feinen langen Elektrode auf die hintere Rachenwand und zwar seitlich, so bemerkt man nach dem Schlusse der Kette eine kräftige Verziehung der gesammten Schleimhaut der hinteren Rachenwand nach der gereizten Seite.

Hals.

Um sich mit den complicirten Lageverhältnissen der Nerven und Muskeln am Halse vertraut zu machen, thut man wohl, zuerst magere Erwachsene zu Versuchspersonen zu wählen, welche eine breite, nicht mit Fett gefüllte Fossa supraclavicularis und entweder gar kein Platysma oder doch nur ein schwach entwickeltes besitzen. Dem Kopfe gebe man eine Achtelsdrehung nach der entgegengesetzten Seite zu und experimentire jedesmal genau bei derselben Stellung des Kopfes.

M. subcutaneus colli wird sowohl von Seiten des N. communicans faciei als auch des Plexus cervicalis innervirt. Man ist deshalb genöthigt, um eine complete Contraction zu erzielen, die positive Elektrode zu Hülfe zu nehmen. Die letztere wird alsdann für die vom 3. Cervicalnerven stammenden Nn. subcutanei colli (med. et inf.) verwandt, deren Verlauf wandelbar ist, deren Reizung aber am besten am innern Rande des M. sternocleidomastoid. (ungefähr in seiner Mitte, vergl. Taf.) vorgenommen wird. Die negative Elektrode wird für die Rami subcutan. colli N. facialis (vergl. Taf.) verwerthet.

Der Effect, welcher bei manchen Individuen (wohl wegen gedrängter Lage der motorischen Nerven) besonders schön, bei andern dagegen viel weniger gut hervortritt, ist höchst eigenthümlich. Der Hautmuskel stellt nämlich in verkürztem Zustande eine Ebene her zwischen dem Unterkieferrande und dem oberen Theile der Brustwand mit nach aussen und unten herablaufenden Furchen. Zugleich wird durch die in der Unterlippe endenden

Fasern des Platysma — der M. quadratus menti ist im Grunde nur eine Fortsetzung oder ein accessorischer Bauch des Subcutan. colli — die Unterlippe nach aussen herabgezogen, so zwar, dass bei intensiver Reizung die Zähne entblösst werden.

Die Angabe von Duchenne, dass der Subcutaneus colli bei grossen Gemüthsaffecten, Wuth, Schrecken, Entsetzen u. s. w. mit anderen Affect-Muskeln gleichzeitig contrahirt werde (Muscle de la frayeur, de l'effroi et complémentaire de la colère), erscheint zutreffend, wenn man zu der beiderseitigen Reizung des Platysma gleichzeitig auch die Reizung der Mm. frontales oder corrugatores superciliorum hinzufügt.

Der **Nerv. accessorius Willisii** (Ram. extern.) ist stets und selbst für Ungeübte mit grosser Leichtigkeit zu isoliren, da er nach seinem Austritte hinter dem M. sternocleidomastoideus und nach Abgabe der für denselben bestimmten Aeste auf seinem ganzen Verlaufe zum M. cucullaris oberflächlich gelegen ist (vergl. Taf.). Seine Reizung oberhalb des Abgangs der Kopfnickeräste bietet ebenfalls keine Schwierigkeiten und hat auf der Mitte der oberen Hälfte des M. sternomast. durch kräftiges Eindrücken in die Dicke des Muskelbauches zu geschehen (vergl. Taf.). Wenn diese Stelle nicht anspricht, thut man gut, die Elektrode hinter den Bauch des Muskels vom äussern Rande her in der angegebenen Höhe einzuschieben. Der Effect der Faradisirung des Nerven an diesen Stellen ist selbst beim Gebrauch einer feinen Elektrode ein ausgezeichnet präciser und besteht in einer gleichzeitigen Verkürzung des Kopfnickers und des Cucullaris. Die Halswirbelsäule wird gebeugt, der Unterkiefer vorgeschoben, zugleich aber der Kopf so um seine Axe gedreht, dass das Gesicht nach der der gereizten Stelle entgegengesetzten Seite zu stehen kommt. Daneben wird die Schulter stark gehoben und dem Processus mastoideus genähert.

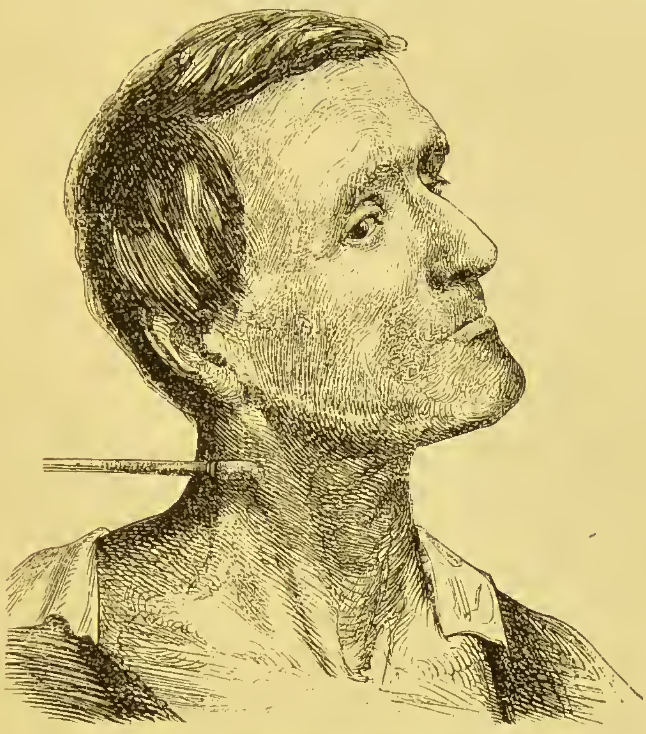
M. sternocleidomastoideus lässt sich durch Reizung der Accessorius-Aeste allein in kräftige Contraction versetzen, indem man von der oben bezeichneten Reizungsstelle des Accessorius-Stammes mit der Elektrode etwas herunterrückt. Schon bei schwachen Strömen erhält man von hier aus eine kräftige Contraction.

Will man auch die aus dem Plex. cervicalis zum Kopfnicker tretenden Aeste mit demselben Strome reizen, so drückt man die

positive Elektrode 1/2" unter der ersten hinter oder auf den Muskelbauch (vergl. Taf.). Diese letzte Procedur ist indessen — abgesehen davon, dass die Cervicaläste ziemlich unwesentlich für die complete Verkürzung sind — nicht sehr zu empfehlen, weil hierbei meist eine Reizung des N. auricularis magnus und der Nn. cervicales superficiales (N. cerv. III.), wo sie sich um den äusseren Rand des Kopfnickers herumschlagen, nicht zu vermeiden ist.

Die durch einseitige Reizung gesetzte Verkürzung eines M. sternocleidomastoideus erzielt folgenden Effect:

Fig. 38.



M. sternocleidomastoideus.

Das Gesicht wird nach der entgegengesetzten Seite gedreht, die Halswirbelsäule nach vorne gebogen, der Processus mastoideus resp. das Ohr der gereizten Seite wird dem Sternalende der entsprechenden Clavicula genähert. Fig. 38 zeigt den Effect der Reizung mit einem ziemlich schwachen Strome, welcher die Muskelwirkung am besten hervortreten lässt.

Die beiderseitige Contraction des Kopfnickers bewirkt durchaus nicht ein einfaches Kopfnicken, d. h. also eine Annäherung

des Kinnes an das Brustbein, sondern vielmehr eine Vorschiebung des Gesichts mit Erhebung des Kinnes neben starker Beugung der Halswirbelsäule.

Der **M. cucullaris** erlangt schon durch schwache Reizung des Endastes des N. accessorius, welcher sich in ihm ausbreitet, einen hohen Grad von Verkürzung. Wegen seiner oberflächlichen Lage ist der Nerv überaus leicht erregbar, und man thut deshalb im Anfange wohl, die für das Operiren an den Gesichtsmuskeln benutzte Stromstärke in Anwendung zu ziehen, was sich übrigens auch wegen der schwer zu vermeidenden und sehr schmerzhaften Läsion des N. auricularis magnus sehr empfiehlt.

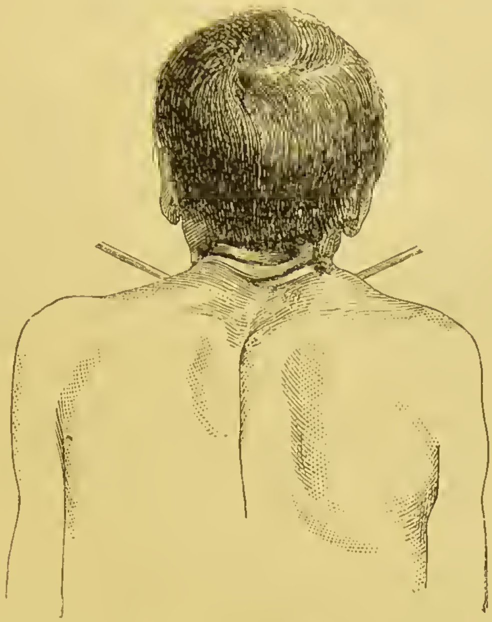
Die Contraction des M. cucullaris wird noch vervollständigt, wenn man gleichzeitig mit der positiven Elektrode den circa $1/2''$ unter dem N. accessorius in den Muskel eintretenden Cervicalast reizt. Es erfolgt nun entweder eine Erhebung der Schulter nach hinten oben mit Heranziehung der Scapula an die Wirbelsäule, oder ein Herabziehen des Kopfes nach hinten und aussen, oder endlich beide Bewegungen gleichzeitig, je nachdem Kopf oder Schulter durch die entsprechenden Antagonisten des Cucullaris mehr oder weniger in ihrer Stellung fixirt werden. Am schmerzlosesten geschieht übrigens die Reizung des Accessorius in der Nähe des Cucullar-Randes, weil hier keine sensiblen Nerven von Erheblichkeit zu treffen sind. Weiter aufwärts nach dem Centrum hin trifft man nicht weit von der Austrittsstelle am Kopfnicker den N. occipitalis minor (N. cervic. III.), welcher hier den Accessorius kreuzt.

Bei doppelseitiger Reizung des Cucullar-Endastes vom N. accessorius giebt es schon bei mässigen Strömen einen sehr schönen und eindrucksvollen Effect. Beide Schultern werden kräftig gehoben, die Schulterblätter zugleich gegen die Wirbelsäule gezogen, während die Muskulatur der Acromialportion die Haut des Nackens in grobe Querfalten legt und die mittlere und untere Portion in sehr plastischer Weise wulstförmig neben der Wirbelsäule vortritt.

Dicht unterhalb des N. accessorius Willisii verläuft der aus dem vierten Cervical-Nerven stammende Ast für den **M. levator anguli scapulae** (vergl. Taf.). Isolirte Erregung desselben, welche

nur mit einer ganz feinen Elektrode gelingt, setzt eine Erhebung der Scapula, vorzüglich des inneren Winkels nach oben, innen und gleichzeitig nach vorne, während das Acromion, durch

Fig. 39.



Mm. cucullares.

das Gewicht des Arms und die Action der Antagonisten fixirt, fast gar nicht an der Erhebung Theil nimmt. Dass die Contraction des Angularis scapulae übrigens hierbei eine isolirte ist, kann man deutlich mit den Fingerspitzen fühlen. Die sonst seichten Vertiefungen oberhalb und unterhalb der Clavicula werden in tiefe Gruben verwandelt, zwischen denen das Schlüsselbein so stark hervorspringt, dass man es umgreifen kann. Es erhellt hieraus, dass die Angabe der älteren Anatomen, als erhebe der Levat. angul. scapul. die ganze Schulter und bewirke das Achselzucken (Musc. patientiae), nur in sehr beschränkter Weise richtig ist, da die Erhebung des Acromial-Endes der Scapula der Clavicular-Portion des Pectoralis major, dem M. serratus anticus und dem M. cucullaris zuzuschreiben ist, der Lev. ang. scap. dagegen nur die Erhebung des inneren Winkels nach oben, innen und vorne vermittelt.

Der **Nerv. hypoglossus** ist dicht über dem grossen Zungenbeinhorne vor dem M. hyoglossus zu erreichen. Der Total-Effect,

welchen die Reizung des Hypogloss. hervorruft, ist kein präciser. Einigemale bemerkte ich eine deutliche Erhebung der Zunge in toto gegen den harten Gaumen. Anderemale war dies nicht deutlich. Uebrigens ist auch eine gleichzeitige Reizung des M. hyoglossus und anderer Muskeln unvermeidlich.

Eine Reizung der **Ansa N. hypoglossi** wird durch den sie bedeckenden Kopfnicker verhindert, dagegen sind ihre Zweige am inneren Rande des letzteren leicht zu erreichen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass ein stark entwickeltes Platysma die Untersuchung ausserordentlich stört, wenn nicht ganz unmöglich macht. Meine Angaben stützen sich zum Theil auf die faradische Exploration von Individuen, denen das Platysma ganz fehlt.

Der Zweig für den **M. omohyoideus**, welcher an der Sehne des letzteren entlang auch zum unteren Bauche läuft, lässt sich am inneren Rande des Kopfnickers reizen (vgl. Taf.). Das Zungenbein wird mit seinen Annexen nach aussen herabgezogen, wobei der Muskelbauch des M. omohyoideus in der Fossa supraclavicul. deutlich hervorspringt und etwas nach oben rückt.

Auch eine Reizung des unteren Bauches, welche durch das von den Sehnen des Sternocleidomastoideus gebildete Dreieck (vergl. Taf.) oder nach aussen von dem Orte der Phrenicus-Reizung leicht gelingt, setzt denselben Effect.

Der **M. sternothyreoideus** und **M. hyothyreoideus**, deren äussere Ränder von dem Sternocleidomastoideus nicht ganz bedeckt werden, gestatten zuweilen Reizung ihrer Zweige, immer aber directe Reizung der Muskelsubstanz. Ihre Wirkung liegt auf der Hand.

Der Zweig des **M. sternohyoideus**, welcher von der Ansa Hypoglossi ziemlich senkrecht abtritt und am unteren Ende des Muskels eintritt, lässt sich bei Viertels-Drehung des Kopfes am besten durch die Lücke zwischen den beiden Ursprungsportionen des M. sternocleidomastoid. erreichen (vergl. Taf.).

Der **N. phrenicus** ist am äusseren Rande des Kopfnickers vor dem M. scalenus anticus, oberhalb des M. omohyoideus, zu finden. Man suche ihn nicht zu tief und drücke die Elektrode kräftig gegen den äusseren Rand des Sternocleidomastoideus hin-

ein. Gelangt man mit der Elektrodenspitze zu hoch, so trifft diese den N. cervicalis quintus, welcher mit dem Phrenicus gewissermassen einen spitzen Winkel bildet. Man gehe nach oben mit der Elektrode nicht über die Mitte des Muskels hinaus, sondern halte sich in der Nähe des M. omohoideus, dessen Lage man ja sehr leicht faradisch feststellen kann. Mit einer feinen Elektrode den N. phrenicus zu isoliren hat seine Schwierigkeiten, weil dieselbe an dem rundlichen Bauche des M. scalenus ant. leicht zur Seite abgleitet. Für Anfänger, welche die Phrenicus-Reizung behufs künstlicher Respiration ausführen wollen, empfiehlt sich aus diesen wie aus weiterhin anzuführenden Gründen die Anwendung stärkerer Elektroden mit grösseren Schwammkappen.

Die Elektroden müssen kräftig eingedrückt werden und zwar in schräger Richtung von aussen nach innen. Beweis dafür, dass der Phrenicus getroffen, ist die rapide Contraction des Zwerchfells, die Vorwölbung des Bauches und das gewaltsame Einstürzen der Luft durch die Glottis in die Luftröhre, welches mit einem dem Schluchzen weinender Kinder ähnlichen Geräusche verbunden ist. Unzweifelhaft liegt der Grund dieses Geräusches in plötzlichen Schwingungen der Stimmbänder, welche bei der unvorbereiteten tiefen Inspirationsbewegung nicht aus dem Wege geschafft sind. Die Versuchspersonen beschreiben bei beiderseitiger Reizung des Phrenicus eine Empfindung, »wie wenn ihnen plötzlich der Athem ausbliebe«, auch markiren manche Personen eine Empfindung von der plötzlichen Contraction des Zwerchfells als ein »Reissen« oder »Stossen« im Unterleibe in der Gegend der Zwerchfellsursprünge. Lässt man, nachdem man die Elektroden bei offener Kette beiderseits auf die Phrenici aufgesetzt hat, von der Versuchsperson einen hohen Ton singen und schliesst inzwischen unversehens die Kette am Apparate, so wird der exspiratorische Sington plötzlich mit einem kurzen, unreinen Inspirationston abgebrochen.

Der Strom, welchen man für die Reizung der Phrenici verwendet, muss ziemlich kräftig sein; jedenfalls muss man die Stromstärke so lange steigern, bis man eine deutliche Einwirkung auf die Zwerchfellsnerven beobachtet.

Gefahr bringt weder die einseitige noch die beiderseitige Phrenicus-Reizung mit sich. Ich habe dieselbe so oft und bei

so verschiedenen Personen geübt, dass ich jedes Bedenken gegen diese Procedur als ungerechtfertigt bezeichnen kann. Dieselbe hinterlässt übrigens weder Schmerz noch sonst irgend welche Empfindung bei den Versuchspersonen [1]).

Die elektrische Reizung der **Nerven** und **Muskeln** des **Kehlkopfes** hat in der neuesten Zeit mit der zunehmenden Sicherheit der laryngoskopischen Diagnose und insbesondere mit dem Nachweise der ungeahnten Häufigkeit von Lähmungszuständen sowohl in den einzelnen Kehlkopfsmuskeln als in ganzen Gruppen derselben eine grosse praktische Bedeutung gewonnen.

Man ist in den letzten Jahren vielfach bemüht gewesen, für eine zweckentsprechende Methode der elektrischen Behandlung des Kehlkopfes die nöthige Basis zu finden, und ist hier zunächst daran gegangen, die **Rami laryngei des Vagus** am Halse aufzusuchen und durch die oberflächlichen Weichtheile hindurch zu reizen. Diese Versuche, bei Kranken angestellt, welche an Störungen in der Function der Kehlkopfnerven oder -Muskeln litten, waren zum Theil von günstigem therapeutischen Erfolge, und man schloss daraus, dass die Reizung der genannten Nervenäste gelungen sei. Dieser Schluss ist jedoch, wie ich glaube, nicht gerechtfertigt, vielmehr ist trotz der constatirten Heilwirkung erst der Beweis zu liefern, dass es überhaupt möglich sei, die Nervi laryngei superiores und inferiores auf percutanem Wege mit dem elektrischen Strome zu erreichen. Gerhardt [2]) ist bemüht gewesen, den Effect der Reizung auf dem allein zuverlässigen Wege, nämlich mittelst des Spiegels zu controlliren, allein er gelangte hierbei theils zu ganz negativen, theils zu zweifelhaften Resultaten. Er fand nämlich an gesunden Versuchspersonen, dass durch Einleitung des inducirten Stromes an denjenigen Halsregio-

---

1) Die in der früheren Auflage hier eingefügte gesonderte Behandlung der künstlichen Respiration durch rhythmische Elektrisirung der Nervi phrenici und ihrer Genossen bei Asphyxie wird in dem praktisch-therapeutischen Theile seine Stelle finden.

2) Studien und Beobachtungen über Stimmbandlähmungen. Virchow's Archiv Bd. XXVII.

nen, welche dem Verlaufe der Recurrentes entsprechen, — nämlich für die Nn. laryngei superiores die Gegend der oberen Hörner, für die Nn. recurrentes die der unteren Hörner des Schildknorpels — weder der Glottisschluss, die Spannung und die Vibration der Stimmbänder sichtbare, noch ein Sington hörbare Veränderungen erfuhr. Dagegen beobachtete Gerhardt nach beiderseitiger Reizung ein zitterndes, absatzweise erfolgendes Wiederauseinanderweichen der Stimmbänder nach dem Anlauten des Vokals; die Glottis erlangte dabei in einem Falle nur die Hälfte, in einem anderen drei Viertheile der normalen Inspirationsweite. Bei einseitiger Reizung beobachtete Gerhardt dieselben Vorgänge nur an dem Stimmbande der gereizten Seite.

Ich habe diese Erscheinungen bei meinen Versuchen an Patienten und Versuchspersonen aller Art ebenfalls gesehen, kann dieselben aber nicht als Folgen der Recurrens-Reizung, sondern nur als die Resultate eines Eingriffes am Kehlkopf überhaupt gelten lassen. Ich fand dieses ängstliche und unsichere Gebahren der Stimmbänder vorzüglich bei empfindlichen ungeübten Personen, aber auch bei sonst Geübten, im Falle ein neuer überraschender Eingriff am Kehlkopfe oder in dessen Nähe vorgenommen wurde, z. B. Aetzen, Faradisiren oder Galvanisiren, ohne dass bestimmte Kehlkopfnerven oder -Muskeln in den Kreis gefasst wären.

Wenn ich somit dieses Kriterium für eine gelungene Recurrensreizung nicht als stichhaltig gelten lasse, so kann ich auf der anderen Seite bestätigen, dass man für das Gelingen der Reizung des N. laryngeus superior an der energischen Detraction des Kehldeckels ein sicheres Zeichen besitzt. Dieses Phänomen lässt sich übrigens auch von innenher erzielen, und zwar vom Sinus pyriformis aus, welchen der Ram. internus des N. laryngeus superior schräg durchzieht, die Schleimhaut zuweilen zu einer Falte erhebend.

Den Grund, weshalb es so selten gelingt, die Nn. laryngei inferiores auf percutanem Wege isolirt zu reizen, glaube ich in ihrer tiefen Lage, vorzüglich aber in der Vorlagerung von Muskelstraten suchen zu müssen, deren Contraction das Eindringen der Elektrode und des Stromes verhindert. Zu diesen Muskellagen gehören: das Platysma, der M. sternothyreoideus und sternohyoideus,

omohyoideus, thyreopharyngeus und cricopharyngeus. Die Unzugänglichkeit des N. recurrens wird sehr häufig schon durch den vergrösserten Seitenlappen der Schilddrüse allein bedingt; ferner ist ein starkes Fettpolster am Halse ebenfalls sehr hinderlich für das Eindringen der Elektrode in die Tiefe.

Wenngleich nun also nicht geläugnet werden soll, dass es unter besonders günstigen Bedingungen (magerer Hals, kleine Schilddrüse, Platysma nicht nach vorne reichend etc.) möglich sein mag, die Nervi laryngei von der Oberfläche des Halses aus zu isoliren, so entziehen sie sich doch in den meisten Fällen in Folge ihrer tiefen Lage der directen Erregung und ich muss deshalb die percutane Elektrisirung derselben, besonders der Recurrentes, als eine höchst zweifelhafte und durch kein specielles Kriterium zu controllirende Procedur bezeichnen.

Damit soll natürlich nicht in Abrede gestellt werden, dass man durch percutane Einleitung elektrischer Ströme therapeutische Erfolge bei Stimmbandlähmungen und bei Innervationsstörungen aller Art, besonders bei Hysterischen, erzielen könne. Die Beobachtungen von Bamberger, Gerhardt, v. Bruns, Tobold, Meyer, Benedikt, sowie meine eigenen stellen dies ausser Zweifel, allein man wird sich hier immer auf einem unsicheren und trügerischen Boden bewegen, und an eine specielle Behandlung eines bestimmten leidenden Theils, z. B. eines einzelnen gelähmten Muskels oder einer Muskelgruppe mit Strömen von bestimmter Intensität ist natürlich gar nicht zu denken, da wir einerseits bei diesen Proceduren ganz im Unklaren bleiben, ob der Strom überhaupt bis zu dem der Erregung bedürftigen Theile eindringt, und andererseits bei der Vielseitigkeit der Recurrensfunctionen ausser Stande sind, bestimmte Gruppen von Kehlkopfmuskeln, z. B. die Glottisschliesser, die Glottisöffner oder die Stimmbandspanner für sich allein in Angriff zu nehmen.

Diese Mängel der percutanen Methode sind in den letzten Jahren nicht von mir allein empfunden, sondern es ist besonders von Duchenne[1]), Mackenzie[2]), Gerhardt*) und v. Bruns**)

---

1) L'électrisation localisée. Ed. II. pag. 90.

2) Morell Mackenzie, On the treatment of hoarseness and loss of voice by the direct application of galvanism to the vocal cords. Lon-

die Möglichkeit und Nothwendigkeit einer directen Elektrisirung der einzelnen Gebilde vom Pharynx aus hervorgehoben worden. Duchenne's Rathschläge ermangeln noch der laryngoskopischen Basis, während die übrigen der genannten Autoren den Kehlkopfspiegel als Leiter für die operirende Hand empfehlen. Allein auch Gerhardt und v. Bruns schienen über das Vorstadium einzelner Versuche an Kranken nicht hinausgekommen zu sein, während Mackenzie die directe Einwirkung des Stroms auf die Stimmbänder und Giesskannen beschränkte, ohne die complicirten anatomischen Verhältnisse und die Möglichkeit einer Detaildiagnose und einer derselben entsprechenden Localisirung des Stroms zu berücksichtigen [1]).

Die Mehrzahl der Specialisten auf dem Gebiet der Laryngotherapie und Elektrotherapie wie Tobold [2]), Meyer [3]), Benedikt [4]) u. A. begnügen sich mit dem percutanen Verfahren wegen der Schwierigkeit der internen Reizung, besonders wegen der Reizbarkeit der Rachen- und Kehlkopfschleimhaut. Der letzte der genannten Autoren erklärt die directe Reizung der Kehlkopfmuskeln geradezu für unnöthig.

Seit mehreren Jahren mit dem Studium dieser Frage beschäftigt, habe ich mich bemüht, zunächst die Methode an einer Reihe consequent eingeübter Versuchspersonen zu vervollkommnen und demnächst dieselbe bei den einschlägigen Krankheitszuständen auf ihre Zweckmässigkeit und therapeutische Leistungsfähigkeit zu prüfen. In Betreff der Letzteren verweise

---

don 1863. Derselbe in Medic. Times and Gaz. Febr. 7. 1863. Ferner The use of the Laryngoscop pp. London 1865, pag. 101.

*) l. c.

**) Die Laryngoskopie und die laryngoskopische Chirurgie. Tübingen 1865, p. 234 ff.

1) »when the sponge (of the laryngeal galvanizer) is in contact with the vocal cords, the electric current passes through the larynx to the skin externally. By placing the sponge of the galvanizer on the arytaenoid cartilages, both branches of the pneumogastric nerve are stimulated« (!). The use of the Laryngoskop pp. pag. 101.

2) Die chronischen Kehlkopfkrankheiten pp. Berlin 1866, pag. 101.

3) Berliner klin. Wochenschrift 1865, Nr. 22.

4) Medicinisch-chirurgische Rundschau 1864, Nr. 1—3.

ich auf eine andere Stelle [1]) und beschränke mich hier auf die Entwicklung der Methode.

Die directe elektrische Reizung der Kehlkopfmuskeln vom Pharynx aus, welche ich sonst in allen Fällen der percutanen vorziehe, kommt nur bei einem Muskelpaare nicht in Anwendung, weil dasselbe von aussen her allein und mit Leichtigkeit zu erreichen ist. Dies sind die **Musculi crico-thyreoidei** (recti und obliqui, Henle). Am vorderen Umfange des Halses zwischen Ringknorpel und Schildknorpel zu beiden Seiten des Ligamentum conoideum sowohl senkrecht als schräg (von aussen oben nach unten innen) ausgespannt, werden sie von zwei zu beiden Seiten des Lig. conoid. aufgesetzten Elektroden in kräftige Verkürzung versetzt. Nicht nur verspürt der in den Zwischenraum eingelegte Finger eine Annäherung der beiden Knorpel aneinander, sondern es wird auch ein angeschlagener Sington durch die Contraction dieser Muskeln, indem sie die Spannung der Stimmbänder vermehrt, um etwa einen halben Ton erhöht.

Die isolirte Erregung der inneren Kehlkopfmuskeln vom Pharynx aus bietet anfänglich grosse Schwierigkeiten dar, und zwar sowohl für den Operateur als für die Versuchsperson. Bei dem Ersteren ist Gewandtheit in der Einführung des Instruments ohne überflüssige Berührung des Zungengrundes und der Rachenwandungen, vollkommene Kenntniss der anatomischen Verhältnisse mit specieller Beziehung auf den Zweck der Procedur, ruhige und sichere Haltung der Elektrodenspitze an der richtigen Stelle, endlich vor Allem Geduld erforderlich. Bei dem Versuchsobjecte können die anfänglich auftretenden lästigen Nebenerscheinungen, als Vomituritionen ja selbst Erbrechen, lebhafte Hyperämie der Schleimhaut, Husten, vorübergehende Aphonie etc. nur durch wochenlange consequente Uebung und Gewöhnung beseitigt werden. Bei der nöthigen Ausdauer von beiden Seiten wird übrigens schliesslich eine solche Toleranz dieser empfindlichen Regionen gegen die Berührung mit dem Schwammknöpfchen der Elektrode und gegen die Einwirkung des elektrischen Reizes erzielt, dass man die Dauer jeder einzelnen Reizung bis zu einer halben Mi-

---

1) Laryngoskopisches und Laryngotherapeutisches. II. Artikel. »Stimmbandlähmungen«, im Deutschen Archiv für klin. Medicin, Bd. IV p. 376 ff.

nute ausdehnen kann. Manche meiner Versuchspersonen und Kehlkopfpatienten gelangten dahin, dass sie, während die Elektrode z. B. in einem Sinus pyriformis stand, bei geschlossener Kette nicht nur ruhig athmeten, sondern auch Schlingbewegungen vornahmen und Töne anschlugen. Selbstverständlich sind Verschiebungen der inneren Weichtheile während der Einwirkung des Stromes selbst nach langer Uebung meist nicht ganz zu vermeiden, da nicht nur auf dem Wege des Reflexes, sondern auch durch den Strom selber Muskelcontractionen ausgelöst werden. Das im Anfang so sehr störende vollständige Entweichen des Kehlkopfbildes aus dem Spiegel verschwindet schon bei einiger Uebung.

Die Stärke des anzuwendenden inducirten oder galvanischen Stromes bestimmt man am besten mittelst einer unmittelbar vorangehenden Prüfung derselben am Gesicht. Ein Inductionsstrom, welcher deutliche Contractionen am M. frontalis oder Corrugator hervorruft, ein galvanischer Strom von 8—10 Siemens'schen Elementen, welcher schwache Zuckungen an den Gesichtsmuskeln erzeugt, genügt bei der Kleinheit der Kehlkopfmuskeln, ihrer oberflächlichen Lage und der Durchfeuchtung der Epitheloberfläche vollkommen.

Als **Laryngo-Elektrode** benutze ich die an einen hölzernen Handgriff angeschraubte, catheterförmig gebogene und bis an die Spitze cachirte Sonde. Die Spitze läuft in ein Knöpfchen aus, welches mit einer schwachen Lage feinen Waschschwammes bedeckt ist. Die von mir angegebene, oben (pag. 226) beschriebene Doppel-Elektrode ist bei doppelseitiger interner Reizung zu therapeutischen Zwecken, wenn es darauf ankommt, beliebig starke elektrische Ströme quer durch den Kehlkopf gehen zu lassen, sehr brauchbar. Für das Studium der Function der einzelnen Kehlkopfmuskeln ist dieselbe aber nicht zu brauchen, vielmehr hier die oben (pag. 226) beschriebene einfache Laryngo-Elektrode oder die v. Bruns'sche Doppel-Elektrode mit sehr nahe bei einanderstehenden und dünnen Branchenknöpfchen zu verwenden.

Mackenzie's Laryngeal-Galvanizer und v. Bruns' Laryngo-Elektrode sind zweckmässig eingerichtet, um die Kette nach Einführung des Instrumentes durch Fingerdruck auf eine

Vorrichtung an demselben beliebig zu schliessen und zu öffnen. Eine solche Vorrichtung ist besonders bei gleichzeitiger Einführung beider Pole in den Pharynx sehr zweckmässig. Wer nicht im Besitz eines solchen Instrumentes ist, lässt die Kette durch einen Assistenten mittelst der zweiten, mit grosser Schwammkappe versehenen Elektrode entweder an einer indifferenten entfernten Körperstelle, oder bei therapeutischen Proceduren an der Oberfläche des Kehlkopfes an zweckentsprechenden Stellen schliessen, sobald die Laryngo-Elektrode eingeführt ist.

Die Einführung der Letzteren geschieht mit der rechten Hand rasch und ohne die Wandungen des zu passirenden Canals mehr als unvermeidlich zu berühren, während der die Bewegungen controllirende Spiegel von der linken gehalten wird.

Was die nächsten Folgen der Reizung anlangt, so ist Hyperämie der Reizungsstelle und ihrer Umgebung, vermehrte Schleimsecretion, kurzdauernde Heiserkeit, Hustenreiz und Schmerz im Halse unvermeidlich. Diese Erscheinungen verschwinden jedoch meist nach einigen Stunden, auch wohl früher. Der therapeutische Erfolg, wo ein solcher überhaupt erwartet werden kann, giebt sich nach dem Schwinden dieser Nebenerscheinungen kund, verschwindet jedoch nach den ersten Sitzungen entweder sogleich oder bis zum nächsten Morgen wieder. Dass die Reizung der Schleimhaut an der hinteren Giesskannenfläche, oder im Sinus pyriformis oder auf den Stimmbändern bei einer lange fortgesetzten Cur zu einer lebhaften Entzündung, Verschorfung oder Verschwärung führen möchte, ist nicht zu befürchten, wenn man von Zeit zu Zeit Pausen von ein bis mehreren Tagen zwischen die täglichen Sitzungen einschiebt. Ich habe selbst bei einer Dauer der Behandlung von mehreren Monaten niemals üble locale Rückwirkungen beobachtet.

Die Localisirung des elektrischen Stromes auf die einzelnen Muskeln geschieht nun folgendermassen.

M. arytaenoideus (transversus) ist mit der Elektrode am leichtesten zu erreichen. Nachdem die Spitze derselben an der hinteren Fläche der Giesskannen angelangt ist, lässt man die Kette durch einen Gehülfen mittelst der zweiten Elektrode aussen schliessen. Durch die Verkürzung und Verdickung des

M. arytaenoideus wird die hintere Fläche der gegeneinander gepressten Knorpel bauchig vorgewölbt, und es ist deshalb mit besonderer Sorgfalt darauf zu achten, dass mit dem Eintritt der Contraction die Elektrodenspitze nicht zur Seite abgleitet. Die durch den genannten Muskel erzielte Juxtaposition der Giesskannen ist eine sehr energische. Mangel oder Unvollständigkeit dieser Bewegung in Folge von Paralyse oder Parese des M. arytaenoideus ist eine ebenso wichtige als häufige Ursache von Aphonie und Heiserkeit; die Diagnose dieses Zustandes hat selbst für einen wenig Geübten keine Schwierigkeiten.

Der **M. crico-arytaenoideus lateralis** ist in der Tiefe des Sinus pyriformis, nach hinten zu, in der unmittelbaren Nähe des äusseren Randes der Ringknorpelplatte zu erreichen, jedoch bedarf es hier schon grosser Uebung und Gewandtheit im laryngoskopischen Localisiren. Man muss mit der Elektrodenspitze direct nach unten Richtung nehmen und dieselbe ziemlich fest eindrücken, um nach Dehnung der locker gespannten Schleimhaut bis auf den Muskel zu gelangen. Man hat im Anfang Neigung, mit der Elektrodenspitze im Sinus pyriformis zu weit nach vorne zu gehen; ich warne davor und rathe, lieber den Bogen der Laryngo-Elektrode zu vergrössern, dieselbe mehr zu strecken und den Griff beim Eindrücken zu senken.

Die Wirkung isolirter Reizung des M. crico-arytaenoideus lateralis ist schwache Rotation der Giesskanne um ihre senkrechte Achse mit Verstellung nach vorne und innen, so dass der Proc. vocalis und damit der freie Rand des Stimmbandes sich der Mitte nähert. Die Glottis intercartilaginea wird hiervon nur wenig berührt, und zwar nur insoweit, als der Knorpel und besonders dessen Stimmfortsatz seine Stellung zu seinem Genossen in der beschriebenen Weise verändert. Lässt man bei andauernder Verkürzung rasch und tief inspiriren, so entsteht durch die Schwingungen des vorspringenden aber schlaffen Stimmbandes ein lautes unreines Schnarren; auch kann man dabei die groben Vibrationen des Stimmbandes deutlich erkennen.

Der **M. thyreo-arytaenoideus externus** (Henle) oder **M. ary-syndesmicus** (Luschka, Merkel), welcher sich unmittelbar an den vorderen oberen Rand des M. crico-thyreoid. lateralis

anlehnt, ist ebenso wie der weiter nach innen liegende **M. thyreo-arytaenoideus internus** von dem Sinus pyriformis aus zu reizen, nur muss man die Stellung der Elektrode derart ändern, dass man die Spitze nach unten, innen und vorne drängt und gleichzeitig den Elektrodengriff nach oben und aussen, d. h. gegen die obere Zahnreihe und den äusseren Mundwinkel derselben Seite erhebt.

Der Effect der directen Reizung des M. thyreo-arytaenoideus, welchen ich auf diese Weise erzielte, besteht lediglich in einer Verziehung des Giesskannenknorpels nach vorne und unten.. Eine Spannung der Stimmbänder kann hierbei selbstverständlich nicht zu Stande kommen, so lange nicht die Giesskanne durch die Mm. arytaenoid. transv. und crico-arytaenoid. post. nach innen und hinten fixirt und der Schildknorpel dem Ringknorpel durch die Mm. crico-thyreoidei genähert wird.

Man muss sich übrigens bei diesen Reizungen von dem Sinus pyriformis aus, welche einen relativ kräftigen Druck der Elektrode erfordern, hüten, die mechanische Locomotion nach innen, welche der leicht bewegliche Giesskannenknorpel nebst dem dazu gehörigen Stimm-, Taschen- und ary-epiglottischen Bande durch das Instrument erfährt, für Muskelwirkung zu halten. Man studire zur Vermeidung dieses Irrthums die Stellung der Giesskanne und der Weichtheile nach Einführung der Elektrode zuerst bei offener und alsdann bei geschlossener Kette.

Auch von der Glottis aus kann man den beiden Mm. thyreo-arytaenoideis internis beikommen, wenn man die Elektrode während einer Inspiration rasch und sicher bis auf oder zwischen die Stimmbänder führt. Durch reflectorische Contraction der Glottisschliesser wird alsdann das Schwammknöpfchen zwischen den Stimmbändern oder doch zwischen den Taschenbändern eingeklemmt und berührt im ersteren Falle die Stimmbänder von den Rändern her, im andern Falle von oben her. Dieser Erregungsmodus aber wirkt höchst reizend auf die Schleimhaut des Kehlkopfeinganges ein und darf während einer Sitzung nicht zu oft wiederholt werden.

Der **M. crico-arytaenoideus posticus**, der wichtige Dilatator glottidis, liegt auf der hinteren Fläche der Ringknorpel-

platte zu beiden Seiten einer in der Mitte der Letzteren herabziehenden Leiste. Je nachdem man nun den rechten oder den linken Muskel reizen will, gleitet man von der hinteren Fläche der Giesskanne mit der Elektrode entweder nach rechts oder nach links hinter der Ringknorpelplatte hinab. Man findet an den Constrictoren Anfangs starken Widerstand und muss häufig eine Schlingbewegung machen lassen, um die Elektrode an die rechte Stelle hinabgleiten zu lassen. Man kann übrigens auch vom Sinus pyriformis aus mit der Elektrode nach hinten und unten fortschreiten. Sobald der Muskel sich verkürzt und wölbt, gleitet die Elektrode leicht zur Seite ab, weshalb die Stellung derselben sorgfältig zu überwachen ist.

Der Effect ist schwache Rotation der Giesskanne um ihre Achse nach aussen und zugleich Verziehung derselben nach hinten und aussen, so dass die Glottis vollständig geöffnet wird. Lässt man während der einseitigen Reizung einen Ton anschlagen, so kommt nur ein unreiner tiefer Ton zu Stande, indem das Stimmband der gereizten Seite nicht vortritt, sondern nur das der entgegengesetzten Seite.

Die **Muskeln des Kehldeckels**, welche vom N. laryngeus superior innervirt werden, nämlich die **Mm. thyreo- und ary-epiglottici** kann man entweder direct durch Aufsetzen auf die Seitentheile der Kehldeckelbasis oder durch directe Reizung des Ram. internus N. laryngei superioris auf seinem Wege durch den Sinus laryngo-pharyngeus in Erregungszustand versetzen.

Der **M. glosso-epiglotticus**, nach Luschka nur die hintere, in der Gegend der Plica glosso-epiglottica am Kehldeckel stattfindende Endigung einer Anzahl von Bündelchen des M. longitudinalis linguae superior, dürfte wohl selten Gegenstand ärztlicher Berücksichtigung sein. Jedenfalls wäre er am Lig. glosso-epiglotticum leichter als alle bisher genannten Kehlkopfmuskeln zu erreichen.

Der **N. vagus** ist nach der Angabe einiger Autoren vom Oesophagus aus (Duchenne), nach anderen von der Oberfläche des Halses her (Semnola, Gerhardt, Brenner) für die Elektrode erreichbar. Das erstere Verfahren bietet besondere Schwierigkeiten, weil man mit dem Excitator im Dunkeln tappt. Das zweite Ver-

fahren ist leichter, aber von noch zweifelhafterem Werthe, da bei der tiefen Lage des Vagusstammes, auch wenn man die geeignetste Stelle (am inneren Rande des M. sternomast. unmittelbar unter dem M. omohyoid.) wählt, doch die Dicke der vorgelagerten Weichtheile die Reizung des Vagus meistentheils, wenn nicht immer, vereitelt. Meine Versuche mit beiden Methoden haben mir bisher keine positiven Resultate ergeben.

Die von der **Pars supraclavicularis Plexus brachialis** abgehenden motorischen Schulter- und Thoraxnerven lassen sich unter günstigen Umständen alle isolirt reizen, ohne dass die Hauptstränge des Plex. brachialis lädirt werden. Indessen trifft man häufig Individuen, bei welchen dieser oder jener Ast leicht erreichbar ist, während andere durchaus nicht isolirt werden können. Die Verschiedenheit in der Dicke und Beschaffenheit der Integumente, besonders des Fettpolsters, sowie die individuellen Abweichungen in dem Verlaufe dieser zum Theil zarten Nervenzweige erklären diesen Uebelstand genügend. Bei ganz mageren Individuen gelingt es immer am besten, die Schultermuskeln einzeln in Thätigkeit zu setzen, indessen ist immerhin genaue Kenntniss der anatomischen Verhältnisse, Uebung im Faradisiren und der Gebrauch feiner Elektroden unentbehrlich.

Der **Nerv. thoracicus posterior** s. dorsalis scapulae ist nicht selten ziemlich nahe unter dem N. accessor. Willisii, dem Rande des M. cucullaris bald näher bald ferner, der Elektrode zugänglich (vergl. Taf.) und setzt Contraction im M. rhomboideus und M. serratus postic. super. und somit eine kräftige Heranziehung der Scapula an die Wirbelsäule mit der Richtung nach aufwärts und eine schwache Hebung der oberen Rippen.

Der **Nerv. thoracicus lateralis** s. respiratorius extern. ist nach seinem Durchtritt durch den M. scalenus medius dicht über der Clavicula nicht weit vom Cucullar-Rande (vergl. Taf.) zu erreichen. Die Stelle, an welcher er isolirt werden kann, wechselt; häufig liegt sie etwas höher, selten tiefer, als auf der Tafel angegeben ist. Sehr leicht, ja zuweilen unvermeidlich kommt dabei eine Reizung des oberen (äusseren) Stranges des Plex. brachialis

zu Stande, in Folge deren sich zu der Contraction des M. serratus magnus solche im Bereiche des N. axillaris und radialis hinzugesellen.

Die Mitwirkung derjenigen motorischen Fasern, welche der M. serratus magnus noch von den Nn. intercostales erhält, scheint für das Zustandekommen einer kräftigen Contraction des Muskels nicht von Bedeutung zu sein, da dieselbe schon durch alleinige Reizung des N. thoracicus longus erzielt wird.

An der Stelle übrigens, an welcher dieser Nerv nach seinem Durchtritt durch den M. scalenus med. ziemlich frei und der elektrischen Reizung zugänglich liegt, ist derselbe, worauf zuerst von v. Niemeyer und Wiesner aufmerksam gemacht wurde, auch äusseren Schädlichkeiten, z. B. Quetschungen durch schwere auf der Schulter getragene Lasten ausgesetzt.

Die isolirte Faradisirung des N. thoracicus lateralis ruft eine energische Verkürzung des **M. serratus anticus major** hervor. Durch dieselbe wird die Scapula unter Erhebung ihres Acromialwinkels soweit nach aussen und vorne verschoben, dass der Raum zwischen Scapula und Wirbelsäule fast doppelt so breit wird als auf der entgegengesetzten Seite. Der innere Rand der Scapula steht fest an den Thorax angepresst, während das Schulterblatt im Uebrigen flügelförmig vom Thorax absteht und sich an seiner ganzen innern Fläche betasten lässt. Indem die Clavicula durch die Verschiebung des Acromion nach vorne und oben erheblich vom Thorax entfernt wird, erscheint die Infra- und besonders die Supraclaviculargrube ausserordentlich tief eingesunken, am tiefsten natürlich am Acromialende der Clavicula.

Der N. thoracic. lateralis ist bei manchen Personen auch in der Achsel zu isoliren, in welcher er im Verlaufe der Linea axillaris auf dem M. serratus magnus herabläuft. Dem entsprechend kann man auch von der Achsel aus eine kräftige Contraction des M. serratus magnus erzielen, während die directe Faradisirung der einzelnen Serratusbündel nur einen höchst ungenügenden Effect giebt, wenn man sich nicht sehr starker Ströme bedient.

Die Reizung der **Nervi subscapulares** oberhalb der Clavicula gelingt wegen ihrer tiefen Lage nur äusserst selten; dagegen ist in der Achsel nach hinten zu der eine oder der andere der

Nn. subscapulares zu finden, und jedenfalls der Musc. subscapularis direct zu reizen.

Der **Nerv. thoracicus anterior** ist entweder dicht oberhalb und hinter der Clavicula — zuweilen ganz ohne gleichzeitige Reizung des Plex. brachialis —, oder nach seinem Durchtritt unter der Clavicula am oberen Rande des M. pectoralis major oder hinter demselben zu treffen (vergl. Taf.). Oft ist er von dem Clavicular-Ursprung des Pectoralis major ganz bedeckt und entgeht dadurch der Reizung vollständig. In diesem Falle wird die intramuskuläre Reizung des Pectoral. major entweder so ausgeführt, dass man die Elektrode auf die Mitte der Bündel aufsetzt, weil der Nerv des Pectoral. major auf seinem Laufe nach abwärts dessen Fasern im rechten Winkel und ziemlich in ihrer Mitte kreuzt, oder man schiebt die dünne Elektrode vom äusseren Rande her tief zwischen Brustwand und Muskel ein. Man erhält auf diese Weise, da es bei Mageren gelingt, die Elektrodenspitze bis zur Mitte der inneren Fläche des Pectoral. major, wo der N. thorac. ant. herabläuft, vorzuschieben, eine weit kräftigere und vollständigere Verkürzung, als durch Aufsetzen der Elektrode auf die äussere Fläche des Muskels.

Durch die energische Contraction der Mm. pectorales wird der Oberarm kräftig an die vordere Fläche der betreffenden Körperhälfte herangezogen, so zwar, dass der Ellbogen in der Linea mammillaris der betreffenden Seite zu stehen kommt.

Die obere (Clavicular-) Portion des Pectoral. major konnte ich in ihrer isolirten Wirkung bei zwei Männern betrachten, denen die ganze untere (Sterno-Costal-) Portion, sowie auch der Pectoral. minor fehlte (angeboren). Indem ich hier die Elektrode ganz tief unter den Muskel bis an die Clavicula hinaufschob, um den Nerven zu reizen, setzte die Contraction der Portion bei hängendem Arme eine Erhebung der Schulter direct nach oben und ein wenig nach vorn. Derselbe Effect liess sich mit entsprechend gesteigerter Stromstärke durch directe Reizung des Muskelrudiments mit grosser Elektrode erreichen.

Sehr häufig wird bei der Reizung des N. thoracicus anterior der Strang des Plex. brachialis getroffen, aus dem der Musculocutaneus und ein Theil der Medianusfasern entspringen

(vergl. Taf.). In diesem Falle gesellt sich zu der Adduction des Armes noch kräftige Beugung des Vorderarmes und der Hand. Diese schmerzhafte Reizung des äusseren Stranges vom Plex. brach. lässt sich meist dadurch vermeiden, dass man die Elektrode in schräger Richtung nach innen und hinter den Rand des Brustmuskels zu schieben sucht.

Die Stämme der **Pars supraclavicularis des Armgeflechts** sind für die isolirte Muskel-Erregung nicht zu verwerthen, da die Reizung jedes einzelnen Stammes ganze Gruppen von Muskeln in Contraction setzt, welche, obwohl zum grossen Theil in ihrer Wirkung auseinandergehend, ihre Nerven aus einem Bündel empfangen. Sobald es indessen bei der therapeutischen Anwendung der Elektricität nicht auf isolirte Muskel-Erregung ankommt, auch die unvermeidliche Reizung der sensiblen Fasern nicht berücksichtigt zu werden braucht, z. B. bei completer Lähmung des ganzen Arms, kann die Elektrisirung des Plex. brachialis sich durch die oberflächliche Lage besonders für einen Ungeübten eignen.

Obere Extremitäten.

Der **Nerv. axillaris** ist nebst dem Nerv. radialis in dem hinteren Bündel des Plex. brachialis enthalten, und man kann daher durch Reizung dieses Bündels eine energische Contraction des **Musc. deltoideus**, sowie gleichzeitig der vom N. radialis innervirten Muskeln erzielen. Rückt man nun mit der unmittelbar über der Clavicula aufgesetzten Elektrode von dem hinteren Bündel hinweg etwas nach aussen, so trifft man bei manchen Personen — aber durchaus nicht bei allen — den Nerv. axillaris isolirt (vergl. Taf.) und kann somit von diesem Punkte aus den M. deltoideus in Verkürzung bringen.

In der Achsel den N. axillaris zu isoliren, gelingt ebenfalls nur bei einzelnen besonders mageren Individuen. Man muss zu dem Zwecke die Elektrode nach hinten und oben in die Achsel einsenken.

Weniger kräftig ist die Contraction im Deltoideus, wenn die Elektrode auf den hinteren Umfang des Muskels mit kräftigem Drucke da aufgesetzt wird, wo der Nerv sich um den Humerus

nach vorne herumschlägt. Man kann gleichzeitig zur Verstärkung der Contraction den vorderen Muskelast des Deltoideus, welcher von den Nn. thoracicis anter. an seine innere Seite tritt (vergl. Taf.), mit der negativen Elektrode reizen.

Der **N. musculo-cutaneus** ist nach seinem Durchtritte durch den M. coraco-brachialis in der Furche zwischen diesem und dem M. biceps oder weiter auswärts zwischen den beiden Köpfen des M. biceps zu erreichen (vergl. beide Punkte auf Fig. 14). Es erfolgt durch ihn eine kräftige Beugung des Vorderarms, indem sich **M. biceps** und **M. brachial. internus** verkürzen, jedoch entsteht gleichzeitig Schmerz an der Radialseite des Vorderarms, in deren Bedeckung sich der sensible Endast des Nerven verbreitet.

Man muss bei der Reizung des N. perforans an der erstgenannten Stelle die Elektrode von innen her durch den Daumen-Nagel fixiren, weil sie ohne diese Manipulation durch die eintretende Verkürzung des Biceps nach innen auf den N. medianus geschoben wird.

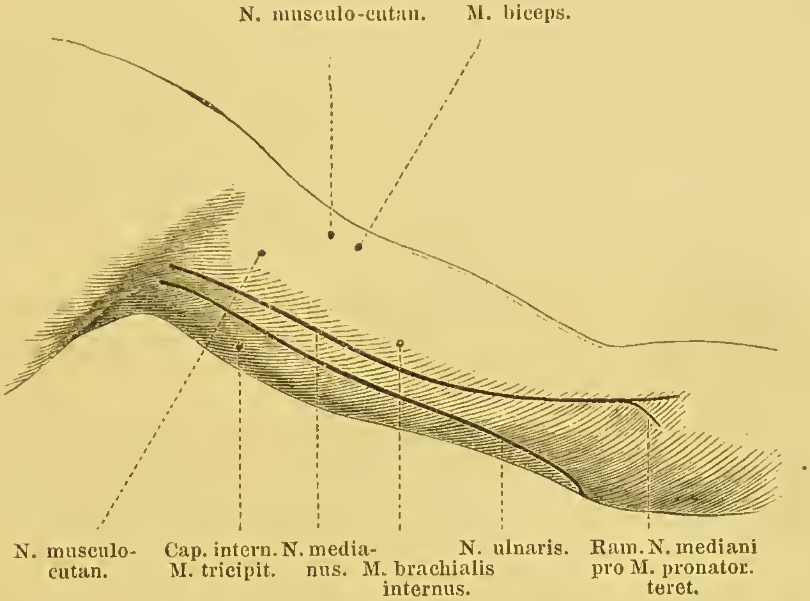
Bei vielen Personen reicht aber auch diese Manipulation nicht aus, eine Läsion des Medianus hintanzuhalten, und es empfiehlt sich deshalb für die Reizung des N. perforans die oben angegebene Stelle zwischen den Biceps-Köpfen. Hier muss aber die feine Elektrode kräftig eingedrückt und, im Falle der Erfolg ausbleibt, etwas mehr nach oben und innen verschoben werden.

Die Perforans-Aeste für den **M. biceps** sind zuweilen weiter unten zwischen den beiden Köpfen desselben, da wo sie zusammenstossen (vgl. Fig. 40), zu isoliren. Die Contraction, welche von hier aus erzeugt wird, ist selbst bei mittelstarken Strömen sehr energisch, während die directe Reizung der Muskelsubstanz zu einer einigermassen kräftigen Verkürzung des Muskels eines stärkeren Stromes bedarf.

Den **M. brachialis internus** bringt man zuweilen isolirt zur Verkürzung, indem man die Elektrode da, wo die untere Hälfte oder das untere Drittel des M. biceps seinen Anfang nimmt, vom inneren Rande her unter den letzteren schiebt (vgl. Fig. 40). An dieser Stelle tritt nämlich der für den Brachialis internus bestimmte zweite Muskelast des N. perforans von diesem ab und in den Muskel hinein.

Hier geschieht übrigens eine Läsion des Medianus noch leichter als oben, weil derselbe unmittelbar am inneren Rande des

Fig. 40.



Biceps verläuft. Man kann sie nur durch Verschiebung der Haut oder des Medianus selbst vermeiden.

Nimmt man nun mit der negativen Elektrode den gewöhnlich schwachen und wandelbaren Ast zu Hülfe, welchen der M. brachialis internus an seinem äusseren Rande vom N. radialis erhält (vgl. Fig. 46), so erzielt man eine Beugung des Vorderarms, wobei der M. biceps als eine weiche schlaffe Masse auf dem starr contrahirten Brachialis internus aufliegt.

Der **N. medianus** ist längs des ganzen Sulcus bicipitalis int. zu erreichen (vergl. Fig. 40), lässt sich aber am sichersten am unteren Drittel des Humerus, nachdem er an die innere Seite der Arteria brachialis getreten ist, gegen den Knochen drücken.

Reizung des Medianus ruft ausser den schmerzhaften Sensationen im Bereich seiner sensiblen Rami digitor. volares und des Ram. cutan. antibrachii palmaris Contractionen im M. pronator teres und quadratus, im Radialis internus, Palmaris long., Flexor digitor. sublimis und profundus, sowie endlich in den Muskeln des Daumenballens und den drei ersten Mm. lumbricales hervor. Der Effect ist also: Kräftige Pronation des Vorder-

arms, Beugung der Hand nach der Radialseite, Beugung der Finger mit Opposition des Daumens.

Am Vorderarm liegt der N. medianus 1″ über dem Handgelenke zwischen den Sehnen des M. radial. internus und des M. palmaris longus in ziemlicher Ausdehnung ganz oberflächlich (vgl. Fig. 41 u. 42) und bewirkt, an dieser Stelle gereizt, Abduction des Daumens mit kräftiger Opposition und schwacher Beugung der ersten Phalangen des Zeige- und Mittelfingers, und meist auch des Ringfingers (durch die Mm. lumbricales I—III).

Fig. 41.



N. medianus.

Der Eintritt der einzelnen motorischen Aeste des Medianus in ihre Muskeln geschieht in folgender Weise:

Der **M. pronator teres** erhält zwei Aeste, einen von der äusseren, den anderen von der inneren Seite des Medianus (vgl. Fig. 40 u. 42) abgehend. Ersterer tritt circa 1″ tiefer vom N. medianus ab als der letztere, erreicht aber auch den Muskel wegen der schrägen Lage desselben später als der innere Ast.

Man erreicht von Seiten des Pronator teres eine rapide Pronation schon durch Reizung des äusseren oder des inneren Astes allein. Ist der Patient aber nicht sehr empfindlich gegen den Schmerz, so verabsäume man es nicht, die negative Elektrode zu Hülfe zu nehmen, um sich von der kräftigen Wirkung des Muskels zu überzeugen. Der Effect der Reizung ist wegen der oberflächlichen Lage der Nervenzweige blitzschnell und es erfolgt die Pronation gewöhnlich so gewaltsam, dass die Elektroden abgleiten.

Uebrigens ist die Faradisation der Muskeln an der Beugeseite des Vorderarmes, insbesondere des M. pronator teres, wegen des grossen Reichthums der Haut an sensiblen Nerven und der zarten Beschaffenheit der Epidermis ziemlich schmerzhaft.

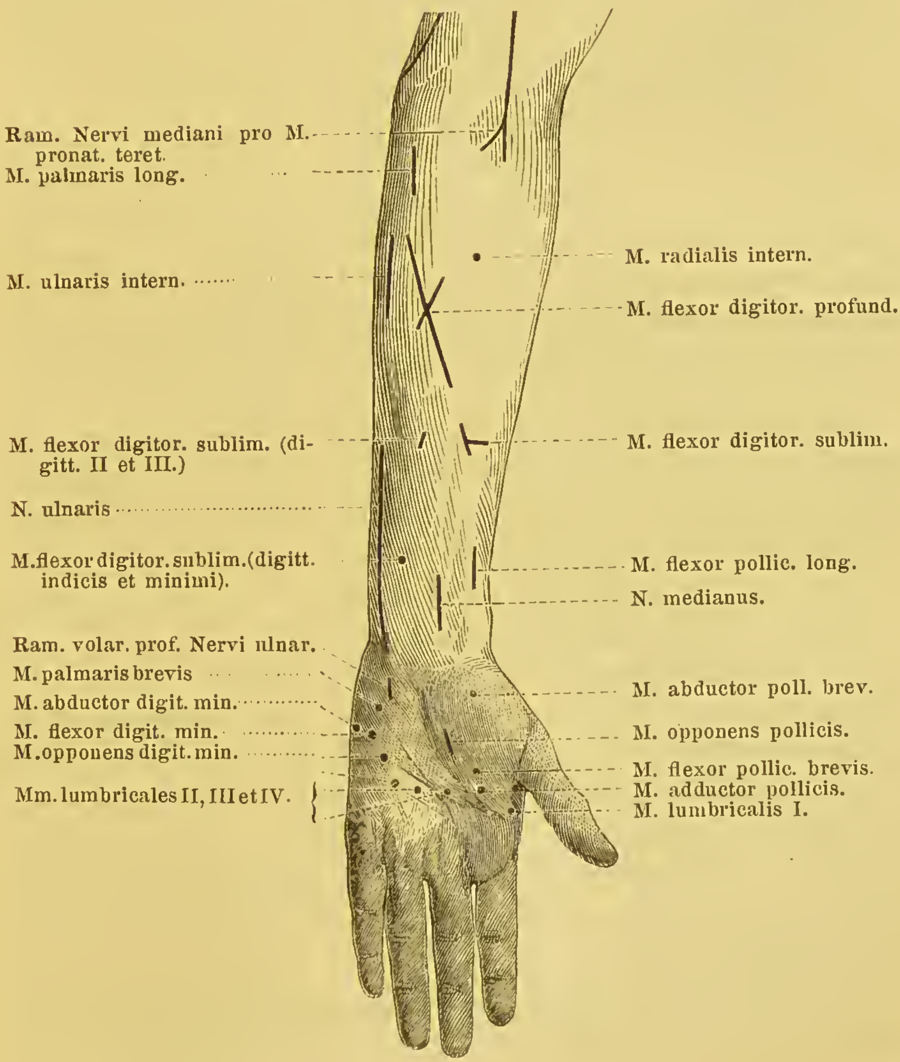
Der Ast des **M. flexor digitor. sublimis** tritt weiter abwärts vom Medianus ab, und geht nach kurzem Verlaufe hart an jenem anliegend (circa $3^1/_2$″ vom Condyl. internus entfernt) von der Tiefe her in den Muskel hinein. Er lässt sich wegen dieses verdeckten Eintrittes nicht isoliren.

Dasselbe gilt von dem Median-Aste des **M. flexor. digitor. profund.**, welcher vom N. interosseus intern. abtretend, in der Tiefe (circa $3^1/_4''$ vom Condyl. int.) in den Muskel hineingeht.

Für die intramuskuläre Erregung des Flexor digitor. sublim. und profund. habe ich die ganze Strecke, in welcher diese Muskeln der Elektrode erreichbar liegen, in Fig. 42 durch Striche bezeichnet.

Die Aeste für den **M. radialis internus** und **palmaris longus**, welche sich neben einander von der inneren Seite des Medianus abzweigen, treten fast in gleicher Entfernung von der

Fig. 42.



Ellenbeuge in ihre Muskeln ein (der motorische Punkt für den M. radialis intern. lag bei der für Fig. 42 benutzten Versuchsperson ungewöhnlich weit entfernt vom Condyl. int.) und sind an den Ulnar-Rändern derselben meist leicht zu finden. Treten sie etwas verdeckt in die Muskelbäuche ein, so ist doch eine kräftige Verkürzung jedes einzelnen Muskels durch directe Reizung der Substanz an der dem Eintritte entsprechenden Stelle zu erzielen.

Den Endast des Interosseus für den **M. pronator quadratus** und **flexor pollicis longus** habe ich nicht isoliren können wegen des tiefen Verlaufes, indessen ist es mir stets gelungen, den **Flexor pollic. longus** durch intramuskuläre Reizung kräftig zur Verkürzung zu bringen, indem ich die Elektrode eine Handbreit über dem Handgelenke zwischen den Sehnen des M. radialis internus und M. supinator longus aufsetzte (vgl. Fig. 42).

Bei mageren Individuen gelingt die Reizung des Flexor pollic. longus sogar von der Rückenfläche des Vorderarmes her, indem man in der entsprechenden Entfernung vom Handgelenke die Elektrode kräftig zwischen die Vorderarmknochen gegen das Ligam. inteross. drückt (vgl. Fig. 47). Umgekehrt konnte ich auch zuweilen einige Streckmuskeln an mageren Armen von der Volarfläche des Vorderarms aus zur Verkürzung bringen.

Die motorischen Median-Aeste für die **Muskeln des Daumenballens** liegen meist so oberflächlich, dass der Anfänger an ihnen seine Studien beginnen mag. Ihre Eintrittsstellen folgen (vgl. Fig. 42) in nachstehender Reihe aufeinander:

M. abductor pollic. brevis,
M. opponens pollicis,
M. flexor pollicis brevis.

Verwachsungen der Muskeln untereinander stören häufig die Einsicht in den Effect des einzelnen Muskels. Constant und effectvoll ist die Wirkung des M. opponens pollic., welche in Fig. 43 dargestellt ist. Weniger klar ist der Effect des M. abductor pollic. brevis. Am seltensten habe ich mich von der Wirkung des M. flexor pollic. brev. als eines Beugers der ersten Daumenphalanx überzeugen können.

Die Median-Aeste für die **Mm. lumbricales** I—III treten an deren Radialseite ungefähr in der Mitte ein (vergl. Fig. 42).

Bei geringer Dicke der Epidermis, sowie mit Hintansetzung der schmerzhaften Erregung der sensiblen Fingernerven erhält man von ihnen eine isolirte Wirkung, indem man die Elektrode leise an die betreffenden Punkte ansetzt, nämlich eine schwache Beugung der ersten Phalanx des Zeige-, Mittel- und Ringfingers mit Vortreten des radialen Randes, insofern neben der Beugung eine schwache Drehung der Volarfläche des Fingers nach dem Ulnarrande der Hand stattfindet.

Fig. 43.



M. opponens pollicis.

Besonders instructiv lässt sich die Reizung der Mm. lumbricales — auch des IV. vom N. ulnar. ram. superfic. innervirten — ausführen an der linken Hand solcher Personen, welche Saiteninstrumente spielen, weil hier die kleinen Muskeln durch Uebung zu einer besondern Entwickelung gediehen sind (Mm. fidicinales).

Der **N. ulnaris** ist auf dem ganzen Verlaufe von der Achsel bis zum Ellbogengelenke zu reizen (vergl. Fig. 40), indessen kommen hier leicht durch Verschiebung der Haut oder des Nerven unangenehme Einwirkungen auf den N. medianus zu Stande. Man wählt deshalb die Rinne zwischen dem Olecranon und dem Condyl. int. humeri zum Angriffspunkte, da hier der Nerv nicht verschoben, sondern fest wider den Knochen gedrückt werden kann. Von hier aus erzeugt die faradische Reizung Schmerzempfindung im Bereich des Ram. palmaris longus und seiner Fingeräste an der Dorsal- und Volarseite der Hand, sowie Contractionen im M. ulnaris internus, im M. flexor digitor. profundus, im M. palmaris brevis, in den Muskeln des kleinen Fingers, in den Mm. interossei, lumbricoides quartus und adductor pollicis.

Der motorische Ast für den **M. ulnaris internus** tritt ganz nach aussen am Ulnarrande des Vorderarms (circa $^3/_4$—1″ unterhalb des Condyl. int.) in den Muskel ein und ist zuweilen zu isoliren. Auch die directe Reizung des Muskelbauches selbst giebt in seinem ganzen Verlaufe einen schönen Effect. Er beugt die Hand gegen die Ulnarseite hin (vergl. Fig. 42).

Rückt man mit der Elektrode vom Bauche des M. ulnaris internus aus etwas weiter nach der Radialseite zu, so erfolgt sogleich energische Verkürzung der anliegenden Bündel des M. flexor digitor. profund.

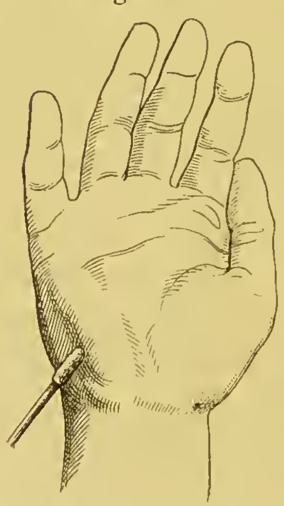
Der Ulnaris-Ast für den **M. flexor digitor. profund.** tritt weiter nach innen (circa $1 - 1^1/_2''$ unterhalb des Condyl. intern.) in den Muskel ein. Er ist ebensowenig wie der Median-Ast desselben Muskels zu isoliren.

Nach dem Abgange des Rücken-Astes ist der **N. ulnaris** eine grosse Strecke weit über dem Handgelenk an der Radialseite der Sehne des M. ulnaris internus, ganz oberflächlich gelegen (vgl. Fig. 42), und setzt hier gereizt Schmerz in den Volarzweigen, sowie Contraction der oben genannten Handmuskeln. Die Hand wird hohl, der Daumen adducirt, der kleine Finger stark gebeugt und opponirt, die übrigen Finger im Metacarpo-Phalangeal-Gelenke mässig gebeugt.

Die Ulnaris-Zweige der kleinen Handmuskeln sind, jedoch nicht ohne gleichzeitige intramuskuläre Reizung, an nachstehenden, auf Fig. 42 bezeichneten Orten zu reizen.

Der Ast des **M. abductor digiti minimi** tritt vom Dorsal-Aste ab und ist am Ulnar-Rande der Hand an der äusseren Seite des Os pisiforme zu suchen.

Fig. 44.



M. abductor digiti minimi.

Der Ast des **M. flex. digit. minim.** etwa $^3/_4''$ vor dem Haken des Os hamat.

Der Ast des **M. oppon. digit. minimi** etwas weiter nach innen und vorne.

Zwischen dieser Stelle und dem Hakenbeine ist der Ulnarzweig für den **M. palmaris brevis** oder dieser selbst zu reizen. Die Verkürzung dieses kleinen Muskels setzt eine furchenartige Einziehung der Haut des Ulnarrandes (in der Nähe der Handwurzel, höchstens bis zur Mitte des Metacarpus) sowie eine schwächere Einziehung längs des Ulnarrandes des Ligam. carp. vol. propr. Indem

diese beiden Einziehungen sich einander nähern, wird der Kleinfingerballen etwas herausgewölbt.

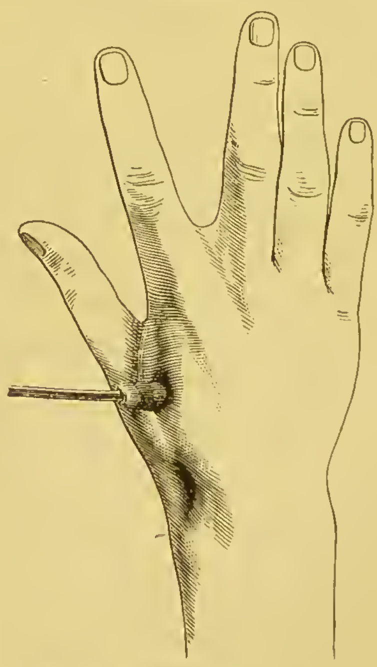
Verwachsungen hindern auch hier häufig isolirte Verkürzungen der einzelnen Muskeln.

Bei mageren Händen mit nicht dicker Epidermis gelingt es leicht, den **Ram. volaris profundus** dicht vor dem Uncus ossis hamati bei seinem Eintritte zwischen dem M. flexor und opponens digit. minimi zu isoliren (vgl. Fig. 42).

Der bogenförmig durch die Hohlhand zum **M. adductor pollicis** laufende Ast ist zuweilen zwischen den Metacarpalknochen des Zeige- und Mittelfingers zu treffen (vgl. Fig. 42), jedoch ist hierbei die Reizung der betreffenden sensiblen Medianzweige nicht zu vermeiden.

Die **Mm. interossei** von der Hohlhand aus isolirt zu reizen, gelingt nicht wegen der Dicke der Bedeckungen. Man begnüge sich deshalb mit der intramuskulären Reizung, welche auf dem Rücken der Hand vorgenommen werden kann (vgl. Fig. 47). Mit schwachem Strome und mässig festem Aufsetzen der Elektrode erlangt man hier eine Wirkung auf jeden M. interosseus externus allein — also Abduction des Zeige- oder Mittel- oder Ringfingers von der Mittellinie. Bei stärkerem Strome und kräftigem Aufdrücken der Elektrode tritt hierzu die Wirkung der Mm. interossei interni, so dass beide gemeinsam bei gestrecktem Finger die erste Phalanx gegen den Metacarpus beugen. Dagegen findet, wenn nur eine Elektrode angewandt wird, eine Abduction des Fingers nach der gereizten Seite hin Statt, wie dies Fig. 45 am M. interosseus extern. primus demonstrirt.

Fig. 45.



M. interosseus dorsalis I.

Der **N. radialis** liegt am hintern Rande der Achselhöhle erreichbar, am oberflächlichsten aber und mit

starkem Drucke sicher zu comprimiren, ist er an der äusseren Kante des Oberarmknochens, wo er sich um denselben nach vorne herumwindet. Man findet diese Stelle leicht, wenn man die Mitte zwischen dem Ansatze des Deltoideus und dem Condyl. ext. humeri aufsucht, und von dieser aus etwas nach aussen rückt (vgl. Fig. 46). Weiter abwärts zwischen Supinator longus und Brachialis intern. liegt er tiefer, aber doch auch erreichbar.

Die Aeste für die einzelnen Triceps-Köpfe treten vom Radialis während seines spiraligen Verlaufes um den Humerus von ihm ab, sind aber wegen ihres tiefen Eintrittes nicht genau zu isoliren. Man muss sich mit der directen Reizung der einzelnen Köpfe begnügen, die auch einen hinreichend kräftigen Effect bei mässiger Schmerzhaftigkeit gewährt. Die Reizungsstelle für den äusseren Kopf ist auf auf Fig. 46, für den innern auf Fig. 40 angegeben.

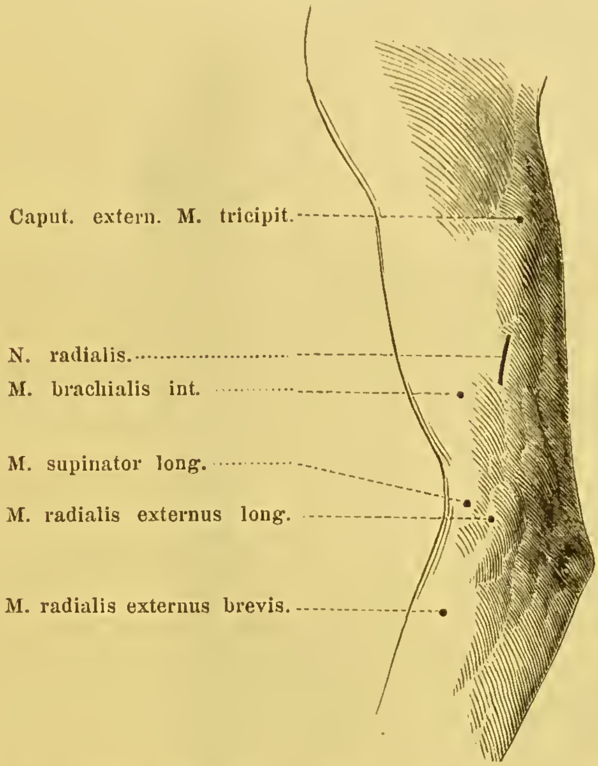
Der für den **M. brachialis intern.** bestimmte Ast des N. radialis (vgl. Fig. 46) fehlt nicht selten, oder lässt sich wenigstens zuweilen nicht faradisch nachweisen.

Für den **M. supinator long.** gehen am Oberarm mehrere (gewöhnlich zwei) Aeste vom N. radialis ab, und treten 1″ von einander entfernt (der unterste dicht oberhalb des Condyl. extern.) von der Tiefe her in den Muskel ein. Isolirte Reizung dieser Zweige ist wegen des tiefen Eintrittes unmöglich. Man erhält indessen, wenn man über der Eintrittsstelle des unteren Astes am Condylus (vergl. Fig. 46) die Elektrode aufsetzt, einen recht kräftigen Effect, nämlich Beugung des Vorderarms in einer Stellung, welche die Mitte hält zwischen Pronation und Supination. Eine Supination findet also durch den Supinator long. nur dann Statt, wenn der Vorderarm stark pronirt stand; im Uebrigen ist er als Beugemuskel zu betrachten.

Reizung des N. radialis über dem Condyl. extern. erregt schmerzhafte Sensation im Bereich des N. radial. superfic. bis zu den Fingern hin (Dorsalfläche), sowie Verkürzung im M. supinat. brevis, ulnaris extern., radialis extern., extens. digit. commun., extens. indicis und digit. minimi propr., extens. poll. long. und brevis und abductor poll., folglich Supination des Vorderarms mit completer Streckung der Hand und des Daumens, Streckung der

ersten Phalangen der übrigen Finger, während die beiden letzten Phalangen schwach gebeugt stehen bleiben, weil die Mm. interossei nicht in Action sind.

Fig. 46.



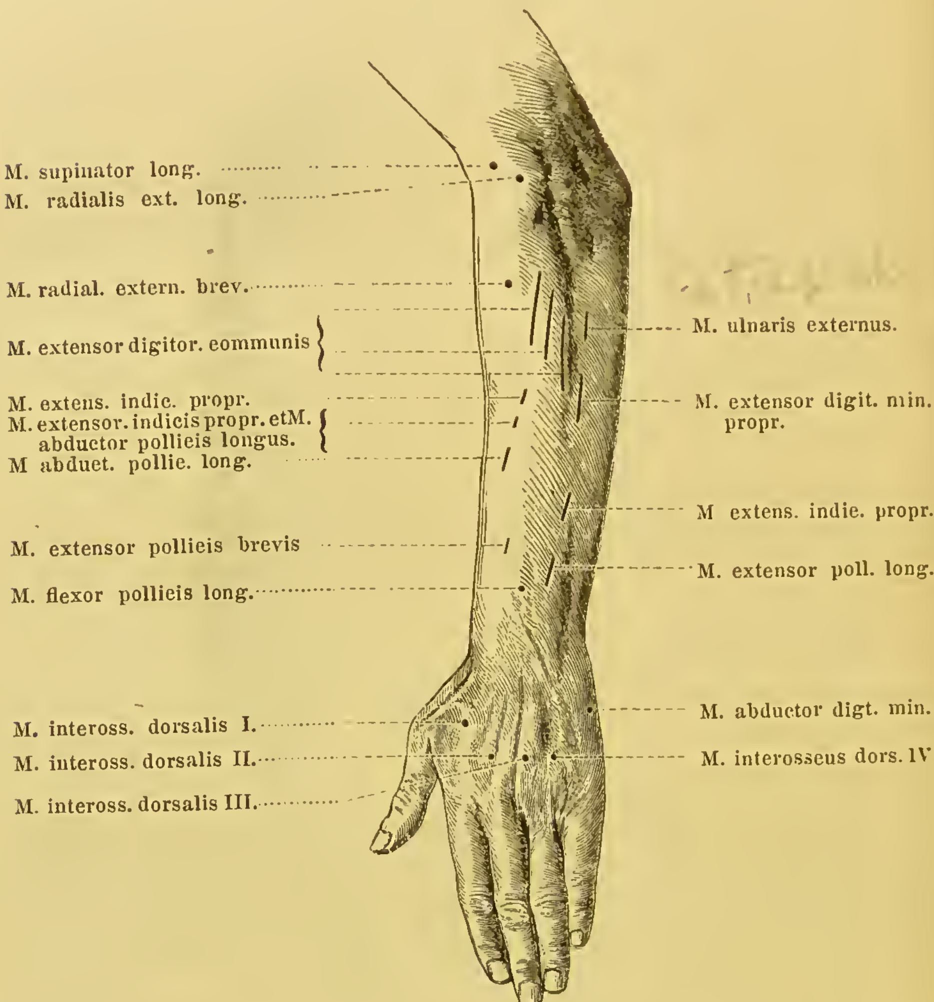
Der **M. radialis extern. long.** ist wegen tiefen Eintritts seiner Nerven nicht auf extramuskulärem Wege, sondern nur auf intramuskulärem zu reizen. Den kräftigsten Effect giebt das Aufsetzen unmittelbar unter den Condyl. externus (vgl. Fig. 46).

Während seines Durchtritts durch den **M. supinator brevis** giebt der N. radialis profundus für diesen Muskel zwei Aeste ab, welche hinter dem M. radialis externus brevis liegend nur bei mageren Leuten durch Verschiebung des letzteren direct gereizt werden können. Der **M. radialis extern. brevis** selbst ist direct zu reizen und leicht zu finden (vgl. Fig. 46 und 47).

Nach seinem Durchtritte durch den M. supinator brevis bildet der N. radial. profundus eine Art von Knoten oder Gänsefuss, aus dem die meisten der nachstehenden Aeste entspringen. Derselbe ist bei sehr mageren Leuten zuweilen isolirt zu reizen.

Zunächst erhält der **M. extensor digitorum commun.** zwei Aeste, von denen der eine kürzere von der Tiefe her mehr nach dem Radialrande des Muskels hin, der andere, ungefähr $^1/_2''$ länger, in

Fig. 47.



gleicher Höhe, jedoch mehr an dem Ulnar-Rande des Muskels, in diesen sich einsenkt. Man thut gut, sich hier beider Elektroden zu bedienen, weil man nur durch die Erregung beider Aeste eine complete Verkürzung aller Bündel dieses Muskels erzielt.

Bei vielen Personen jedoch handelt es sich offenbar nicht um eine Reizung der motorischen Nerven, sondern um directe Muskelreizung. Da diese wegen ihrer constanteren Wirkung bei geringer Empfindlichkeit der Haut therapeutischen Intentionen mehr Genüge leistet als jene, so habe ich Fig. 47 die für directe

Reizung der einzelnen Bündel geeigneten Regionen durch Striche angedeutet. Auch bei der directen Reizung ist selbstredend die Application beider Elektroden nothwendig, um eine complete Verkürzung zu erzielen.

Der Effect der Letzteren ist Streckung der Hand und der Finger, wobei diese von einander entfernt (gespreizt) werden, und die beiden letzten Phalangen in leichter Beugung verharren. Man kann an sich selbst am besten wahrnehmen, dass die beiden letzten Phalangen von dem Ext. digitor. comm. unabhängig sind. Reizt man den letzteren mit sehr kräftigem Strome, so stehen die ersten Phalangen in äusserster Streckung und können selbst mit grossem Kraftaufwande nicht gebeugt werden. Die beiden letzten Phalangen sind dagegen frei beweglich und erlauben passive Beuge- und Streckbewegungen mit ihnen vorzunehmen. Erst durch gleichzeitige Contraction der Interossei wird eine energische Streckung der vordersten Phalangen erzielt. Diese muss also zu dem Extens. digitt. comm. hinzutreten, wenn Streckung sämmtlicher Phalangen gleichzeitig mit Streckung der Hand zu Stande kommen soll.

Es ist übrigens überaus leicht, Contractionen in den einzelnen Bündeln des M. extensor digitor. comm., welche ziemlich unabhängig von einander sind und durch die zweckmässige Anordnung der Sehnen eine isolirte Streckung jedes Fingers erzeugen lassen, zu erzielen, wenn man sich der intramuskulären Reizung bedient.

Der nächste Ast des N. radialis ist der für den **M. ulnaris externus** bestimmte. Kurz und dick dringt er von der Tiefe her in den Muskel ein, und zwar in der Nähe seines Radialrandes. Dass sich der Nerv isoliren lässt, ist unzweifelhaft, allein es ist darauf nicht bestimmt zu rechnen und desshalb die directe Muskelreizung an oder über dem Eintritt des Nerven (vergl. Fig. 17) zu wählen.

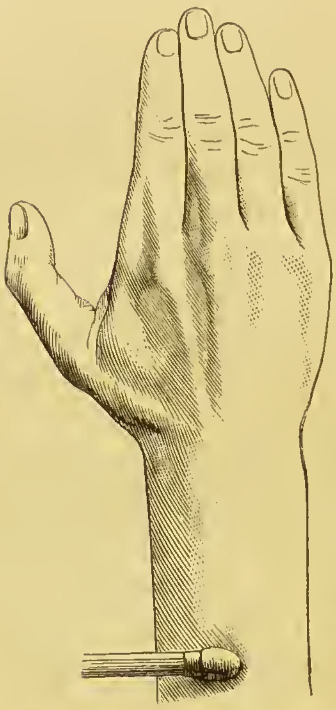
Der Effect der Verkürzung des Ulnaris externus ist Streckung der Hand nach dem Ulnarrande hin.

Der **M. anconaeus quartus** erhält zwei Aestchen vom N. radialis, welche am Radialrande eintreten. Durch diese (oder direct) in Contraction versetzt bewirkt der Muskel eine deutliche aber schwache Streckung des Vorderarmes.

Der **M. abductor pollicis longus** erhält gewöhnlich ein

langes Zweiglein des Radialis von oben her, welches auf seinem Laufe häufig an mehreren Stellen isolirt gereizt werden kann, constant aber nur in der Nähe des Muskels. Derselbe abducirt, wie Fig. 48 zeigt, die I. u. II. Phalanx des Daumens nach der Radialseite hin, während die vorderste Phalanx in halbgebeugter Stellung steht.

Fig. 48.



M. abductor pollicis longus.

Fast immer findet man oberhalb dieser Stelle auch den Ast für den **M. extens. digiti indicis proprius.** Die Elektrode wird hier hart am Radialrande des M. extens. digitor. comm. aufgesetzt.

Zwischen den motorischen Punkten der Mm. extensor indic. propr. und abductor pollic. long. gerade in der Mitte trifft man einen für beide genannten Muskeln gemeinsamen Reizpunkt (vgl. Fig. 47).

Am Ulnarrande des Vorderarms trifft man zuerst den Ast des **M. extensor digiti minimi propr.** (vgl. Fig. 47), welcher sich jedoch nur selten ohne gleichzeitige Läsion der Muskelsubstanz isolirt reizen lässt. Der auf der Figur 47 gezeichnete Strich zeigt die Ausdehnung an, in welcher der Muskel der directen Reizung zugänglich ist.

Es folgt dann weiter unten der **M. extensor indicis proprius,** dessen Nervenzweig schon oben am Radialrande des gemeinsamen Fingerstreckers zu isoliren war. Weiter nach innen, am Radialrande der Sehnen des M. extens. digitor. comm. präsentirt sich der gemeinsame Ast für die beiden **Mm. extensores pollicis** (dieser liess sich übrigens bei der für Fig. 47 verwertheten Versuchsperson nicht nachweisen, während es bei den meisten Menschen keine Schwierigkeit hat — die motorischen Punkte für jeden einzelnen Muskel sind in Fig. 47 vorhanden), welcher in grösserer oder geringerer Entfernung von dem Bestimmungsorte in zwei Aeste — der eine für den Extens. poll. brevis,

der andere für den longus — zerfährt, und somit sowohl eine isolirte Verkürzung jedes einzelnen Muskels möglich macht, als auch eine gleichzeitige Contraction beider Strecker des Daumens gestattet, indem man mit der Elektrode über die Theilungsstelle hinauf auf den gemeinsamen Ast rückt.

Man wird sich nach diesen Angaben bald mit den etwas complicirten Lageverhältnissen der Muskeln des Vorderarms und ihrer Nerven vertraut machen. Die isolirte Reizung der einzelnen motorischen Zweige bietet hier, mit einer feinen Elektrode ausgeführt, bei mageren Armen oft nicht mehr Schwierigkeiten, als wir am Kopfe und am Halse vorfinden. Andererseits ist hervorzuheben, dass es bei einer solchen Anzahl von kleinen Muskeln, welche sich zum grossen Theil berühren oder decken, und deren Nerven aus dem oben erwähnten Knoten entspringend und sich von hier aus fächerförmig ausbreitend einander sehr nahe liegen müssen, sehr schwer, ja vielfach unmöglich ist, mit Sicherheit zu sagen, ob die Verkürzung des Muskels durch Reizung des motorischen Nerven oder der Muskelsubstanz gesetzt ist. Es kommt ja hierauf auch am Ende wenig an.

Rumpf.

Ueber die **Musculi intercostales** habe ich Gelegenheit gehabt, interessante Beobachtungen an zwei Männern zu machen, welche auf je einer Seite angeborenen Mangel des M. pectoralis minor und fast der ganzen Portio sternocostalis des M. pectoralis major (vom ganzen Sternum ist nur das Manubrium der Ursprung von Fasern, sodass der untere Rand des Muskelrudiments in der Nähe des Sternums dem oberen Rande der 2. Rippe entspricht) zeigten. Bei beiden lagen die obersten vier Intercostalräume (der erste nur dann, wenn man die Clavicularportion des Pector. major hinaufdrängte nach der Clavicula) frei und nur von der Haut bedeckt zu Tage und gestatteten die sorgfältigste Exploration.

Der erste Fall (Ch. Köppen, damals 44 J. alt, Arbeiter) wurde von mir in Greifswald im Jahre 1856 aufgefunden, der zweite Kranke (Friedr. Geyer, 19 J. alt, Schuhmachergeselle) befindet sich in der Erlanger Poliklinik. Bei dem ersten Kranken

befindet sich der Defect auf der rechten, bei dem zweiten auf der linken Brusthälfte.

Es ist endlich ein dritter Fall — ebenfalls aus der Erlanger Klinik — im Jahre 1860 von Baeumler[1]) beschrieben, welcher genau denselben Defect des Pectoralis major und minor rechterseits darbietet. Da auch dieser dritte Fall von Baeumler in Bezug auf die Function der Intercostalmuskeln nach meiner Methode genau untersucht ist, so kann ich die Ergebnisse desselben um so eher hier mit aufführen, als dieselben bis auf einen Punkt genau mit den meinigen übereinstimmen.

Dieser Differenzpunkt, welcher auch zwischen meinen eigenen Beobachtungen besteht, ist folgender:

Eine genaue Betrachtung der Respirationsbewegungen Seitens der Rippen und der freiliegenden Zwischenrippenräume ergiebt bei Köppen, dass die Intercostalräume sich bei ruhiger Inspiration erheblich vertiefen, bei der Exspiration aber fast ins Niveau der Rippenfläche treten. Dass bei dieser inspiratorischen Vertiefung immer die nächstuntere Rippe gehoben wird, fühlt man deutlich mit dem in den Intercostalraum eingelegten Finger, welcher bei jeder Inspiration von den Rippen gedrückt wird.

Bei forcirter Inspiration sinken in der ersten Hälfte derselben die Intercostalräume wie gewöhnlich ein; in der letzten Hälfte dagegen, also dann, wenn es wirklich auf gewaltsame Erweiterung des Brustkastens ankommt, verschwindet die Vertiefung plötzlich, die Intercostalräume werden zu einer fast im Niveau der Rippen liegenden Ebene und man fühlt mit den Fingerspitzen die Contraction der Intercostales externi.

Bei der Exspiration sinkt die Rippe herab und vermindert sich der Widerstand der Intercostalmuskeln, wie der in den Intercostalraum eingesetzte Finger verspürt.

Bei Baeumler's Kranken, sowie bei meinem zweiten Falle war dagegen das inspiratorische Einsinken bei ruhigem Athmen nicht wahrnehmbar, vielmehr fand hier nur im Beginn einer forcirten Inspiration ein leichtes Einsinken der Intercostalräume Statt, um sofort, wie oben angegeben, ausgeglichen zu werden. Nach diesen und einigen andern Beobacht-

1) Baeumler, Beobachtungen und Geschichtliches über die Wirkung der Zwischenrippenmuskeln. Inaug.-Abhandlung. Erlangen 1860.

ungen von Baeumler und mir bin ich jetzt geneigt, mit Baeumler anzunehmen, dass das inspiratorische Einsinken der Intercostalräume ein rein physikalisches Phänomen sei, welches seinen Grund in einer vorübergehenden Herabsetzung des intrathoracischen Druckes durch rasche Contraction des Zwerchfells, bevor die Intercostalmuskeln ihre Verkürzung begonnen haben, finde.

In den übrigen wichtigeren Erscheinungen bestätigen die Angaben Baeumler's alle von mir 1857 (in der I. Auflage dieses Buches) mitgetheilten Beobachtungsresultate. Lässt man den intrathoracischen Druck durch kräftige Exspirationsbewegung bei verengter oder geschlossener Glottis abnorm steigern (durch Husten, Lachen, Pressen), so bemerkt man bei jedem einzelnen Exspirationsstosse eine Hervorwölbung jedes Intercostalraumes über die Rippenoberfläche in Form eines Wulstes von 1—2''' Höhe, welcher sowohl gesehen als gefühlt werden kann. Die Spatia intercartilaginea zeigen eine sehr geringe Betheiligung an dieser Bewegung der Intercostalräume.

Die Reizung des einzelnen M. intercostalis externus vermittelst einer dünnen Elektrode, welche ich unmittelbar am Ursprunge des M. serratus magnus scharf gegen den unteren Rand der obern Rippe andrücke, setzt während ruhiger Respiration sofort eine Contraction des M. intercost. ext. von der Reizungsstelle bis zur Verbindung der Rippen mit ihren Knorpeln, und damit eine kräftige, deutlich sichtbare und fühlbare Erhebung der nächstunteren Rippe nach aussen und oben. Diese Erhebung theilt sich mittelbar auch der zweituntern Rippe mit, deren Bewegung man ebenfalls sowohl sehen, als mit den aufgelegten Fingerspitzen fühlen kann.

Verstärke ich auch den Strom allmälig, so zwar, dass ich annehmen muss, dass er bis zu dem M. intercost. internus durchdringt, so lässt sich doch keine Veränderung in der Stellung der Rippe und des Zwischenrippenraumes wahrnehmen. Letzterer steht, so lange die Reizung währt, starr in einer schief nach aussen abfallenden Ebene und ist bretthart anzufühlen. Die während der Dauer der Reizung vor sich gehenden Inspirationen und Exspirationen ändern Nichts an diesem Zustande. Lasse ich während der Reizung forcirte

In- und Exspirationsbewegungen vornehmen, z. B. husten, so bleiben die gereizten Intercostalmuskeln unverändert wie eine Wand stehen, während an den übrigen Intercostalräumen das Zurücksinken und Vorwölben deutlich wahrnehmbar ist.

Drücke ich auch mit aller Kraft meiner Arme und Finger die untere Rippe herab und reize dann die Intercostalmuskeln, so ist doch ein Herabgehen der oberen Rippe nicht erkennbar, vielmehr werden die drückenden Finger durch die untere Rippe gehoben.

Mit starkem Strome kann man den Widerstand der Ligamenta coruscantia überwinden und so auf die zwischen den Rippenknorpeln gelegene Partie des M. intercost. intern. isolirt einwirken. Die Verkürzung derselben bewirkt eine ziemlich kräftige Erhebung der nächstunteren Rippe.

Aus diesen Beobachtungen scheinen folgende Resultate hervorzugehen:

An den vier obersten Intercostalräumen treten bei ruhiger Inspiration die Mm. intercostales nur wenig in Thätigkeit, um so intensiver dagegen ist ihre Contraction bei gewaltsamer Inspiration. Sowohl die Mm. intercostales interni als die externi sind Heber der Rippen.

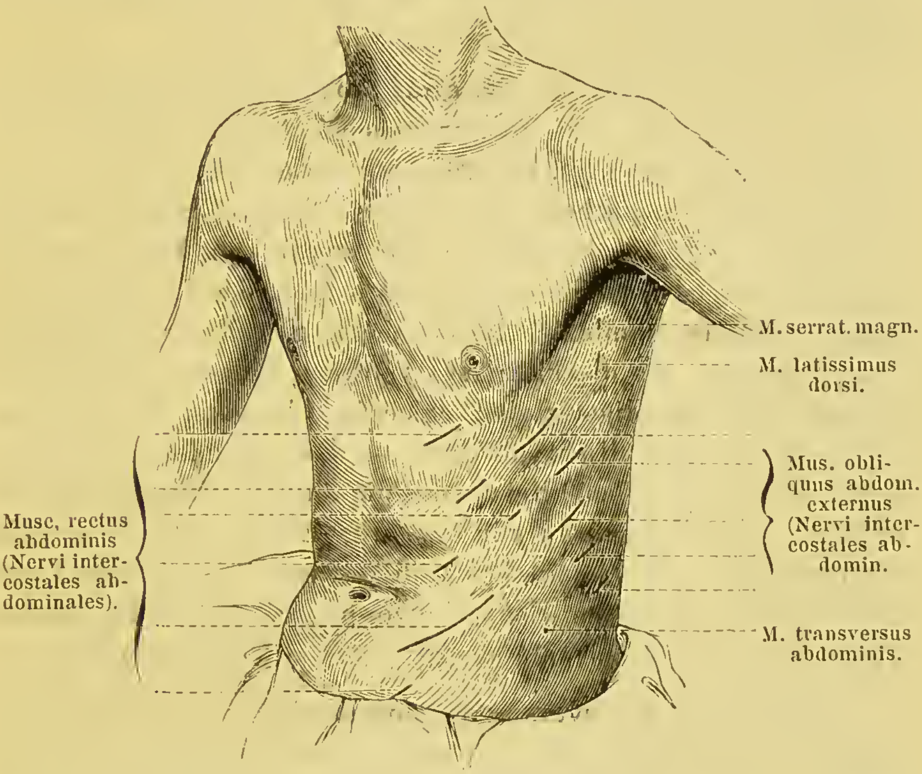
Bei der Exspiration verhalten sich die Intercostales der vier obersten Zwischenrippenräume relaxirt und werden bei forcirter Exspiration über das Niveau der Rippen hervorgewölbt, indem die Compression der unteren Hälfte des Thorax und der enthaltenen Luft Seitens der exspiratorischen Hülfsmuskeln den inneren Druck abnorm steigert. Während des faradischen Tetanus des Intercostalmuskels unterbleibt an demselben die Relaxation resp. Vorwölbung bei der Exspiration.

Die **Bauchmuskeln** gestatten einer Elektrode nur bündelweise Contractionen, da sie von mehreren Nerven innervirt werden. Die **Nn. intercostales abdominales** sind zum grössten Theile in den Intercostalräumen einzeln zu verfolgen, und die isolirte Erregung der einzelnen setzt natürlich nur eine complete Contraction der von ihnen versorgten Bündel. Man kann durch

Theilung der Leitungsdrähte sich so viele Elektroden schaffen, dass man auf jeden Intercostalnerv isolirte Reizung ausüben kann. Dieses Verfahren ist aber umständlich und zeitraubend, und bringt uns doch die Totalwirkung des Muskels nicht rein zur Anschauung. Für den praktischen Zweck genügt es, die einzelnen Bündel zur Verkürzung zu bringen.

Der **M. rectus abdominis** erhält ebensoviele Nerven, als er Bäuche zählt. Diese treten am äusseren Rande in ihn ein und gestatten nur an den Eintrittsstellen isolirte Reizung, da sie weiterhin von dem M. obliquus bedeckt werden (vergl. Fig. 49).

Fig. 49.



Man entdeckt sie leicht am äusseren Rande ziemlich in der Mitte und findet, dass der Reizung jedes einzelnen Nerven ein Hart- und Prallwerden des entsprechenden Muskelbauches folgt. Die oberen Portionen ziehen die Bauchwand nach oben, die unter dem Nabel gelegenen nach unten. Alle ziehen dabei, so weit sie sich erstrecken, die Bauchwand nach innen hinein, oder vielmehr sie suchen eine Ebene zwischen Symphyse und

Sternum herzustellen. Dies ist am besten an der unter dem Nabel gelegenen Portion bemerkbar, welche, sie mag in zwei Bäuche getheilt sein oder nicht, von zwei Nerven, einem oberen starken und einem unteren schwachen, versorgt wird. Bei nicht zu starkem Panniculus adipos. sieht man hier (wenn man die bezeichneten Nerven sowohl rechts als links reizt) kräftiges Herabziehen des Nabels mit Einsinken des (nach unten abgestumpften) Dreieckes, welches die untere Portion bildet, während die Bauchwand zu beiden Seiten gewölbt bleibt. Es genügt schon, um diesen Effect hervorzubringen, den oberen (dickeren) Nerven auf beiden Seiten zu reizen. Besser aber noch ist die Wirkung, wenn man mit vier Elektroden die oberen und unteren Nerven gleichzeitig reizt.

Die Nerven des **M. obliquus abdominis externus** suche man in den untern Intercostalräumen am Ursprunge der oberen Zacken des Muskels (vgl. Fig. 49). Ich habe stets gefunden, dass die zum Poupart'schen Bande herablaufenden Bündel, welche vom 11. und 12. Dorsalnerven versorgt werden, die kräftigste Verkürzung gestatten, weil man am freien Ende der 11. und der 12. Rippe am tiefsten mit der Elektrode auf den Nerven eindringen kann, und dass sie die kräftigste Wirkung äussern, weil sie die längsten und mächtigsten sind. Es erfolgt bedeutende Abflachung des Bauches in der Richtung der verkürzten Bündel, welche eine harte Wand darstellen. Reizt man die äusseren Bündel der Mm. obliqui externi beiderseits mit mehreren Elektroden, so gewinnt die Bauchwand eine komische Configuration. Die äussere Partie beiderseits ist zu einer Ebene geworden, während die mittlere Partie der Bauchwand eine starke, schmale Vorwölbung bildet.

Auf den **M. transversus abdominis** wirkt man recht kräftig, wenn man die Elektrode beiderseits über der Crista ilei, nahe dem äusseren Rande des Quadrat. lumborum (vergl. Fig. 49) in die Weiche eindrückt. Selbst bei mageren Personen gelingt es indessen nicht immer, den M. transversus zu erreichen, und man kann bei fetten Individuen zuweilen nicht die geringste Wirkung von dem Muskel erzielen. Bei günstiger Beschaffenheit des Bauches erfolgt tiefe Einschnürung desselben in die Quere. Bedient man sich hier eines starken Stromes, so erhält man eine ebenso kräftige Wirkung, als wenn der Mensch sich seiner Bauch-

presse zur Entleerung des Rectum, des Uterus, oder der Blase mit grösster Anstrengung bedient.

Rückt man mit der Elektrode weiter nach vorne, so erlangt man durch kräftiges Eindrücken oberhalb der Spina ilei ant. sup. eine partielle Wirkung auf den **M. obliquus abdom. internus.**

Von den **Rückenmuskeln** sind schon einige bei der Betrachtung des Halses erwähnt. Diese liessen sich durch extramuskuläre Reizung ihrer Nerven zur Verkürzung bringen. Der intramuskulären Reizung zugängig ist noch der **M. splenius capitis**, dessen Reiznng an seinem äusseren Rande (vgl. Taf.) eine ziemlich kräftige Drehung des Kopfes nach derselben Seite hin erzeugt. Die übrigen, tiefer gelegenen Muskeln des Halses und Nackens entziehen sich einer localisirten Faradisirung, wenigstens einer isolirten, gänzlich.

Der **M. latissimus dorsi**, sowie der **M. teres major** nnd **minor** und **M. serratus postic. inf.** gestatten meistentheils nur intramuskuläre Reizung, indessen kann man im M. latissimus am obern vordern Ende desselben — also an der hintern Wand der Achselhöhle — indem man mit der Elektrode zwischen Thoraxwand und Scapula resp. Rand des Latiss. dorsi eindringt und die Elektrodenspitze nach aussen richtet, von der Innenfläche des Mnskels her seinen Nerven (M. thoracico-dorsalis) erreichen und eine kräftige Contraction erzeugen (vgl. Fig. 49).

Von den Rückenmnskeln der dritten Schicht ist es nur der **M. opisthotenar**, von dem man durch starke Ströme auf intramuskulärem Wege eine isolirte Wirkung erzielt. Ich konnte durch seine Verkürznng die Wirbelsänle nach der betreffenden Seite hin beugen, ja selbst bei einem Menschen, der an hochgradiger Scoliose in Folge einer Contractur des M. quadrat. lnmb. und opistothenar litt, konnte ich die Wirbelsäule durch Faradisirung der homologen Muskeln der anderen Seite temporär gerade stellen.

Untere Extremitäten.

Die isolirte Erregung der motorischen Nerven an den Unterextremitäten bietet insofern weniger Schwierigkeiten, als hier die gröberen Verhältnisse nicht eine so bedeutende Genauigkeit in der Ausführung nöthig machen. Andererseits aber treffen wir an den Unterextremitäten im Allgemeinen eine dickere Epidermis sowie ein stärkeres Fettpolster als an den Oberextremitäten. Wir finden ferner, dass die einzelnen motorischen Zweige häufig aus der Tiefe her in ihre Muskeln eintreten und deshalb der Elektrode nicht erreichbar sind. Aus diesen Gründen, sowie wegen des grösseren Volumens der Muskeln bedürfen wir an den Oberschenkeln stets eines stärkeren Stromes als an den übrigen Theilen des Körpers. An den Unterschenkeln ist die Empfindlichkeit der Haut vermöge ihres grossen Reichthums an sensiblen Nerven so beträchtlich, dass sich hier die Anwendung starker Ströme meistentheils von selbst verbietet. Endlich ist zu erwägen, dass bei der grossen Flächenausdehnung hier Varianten im Verlauf der Nerven und in der Art und Weise ihrer Verbreitung in den Muskeln weit häufiger sind, dass also die motorischen Punkte in ihrer Lage nur annähernd richtig bestimmt werden können.

Der **Nerv. cruralis** liegt nach seinem Durchtritte unter dem Lig. Poupartii in der Rinne des M. iliacus ganz oberflächlich und kann eine Strecke weit gereizt werden (vgl. Fig. 50). Seine Erregung setzt äusserst energische Streckung des Unterschenkels, allein auch erhebliche Schmerzen im Bereiche des N. saphenus major, minor und cutan. femor. ant. und med., also an der vorderen und inneren Seite des Oberschenkels, des Knie's und der Innenfläche des Unterschenkels bis zur grossen Zehe.

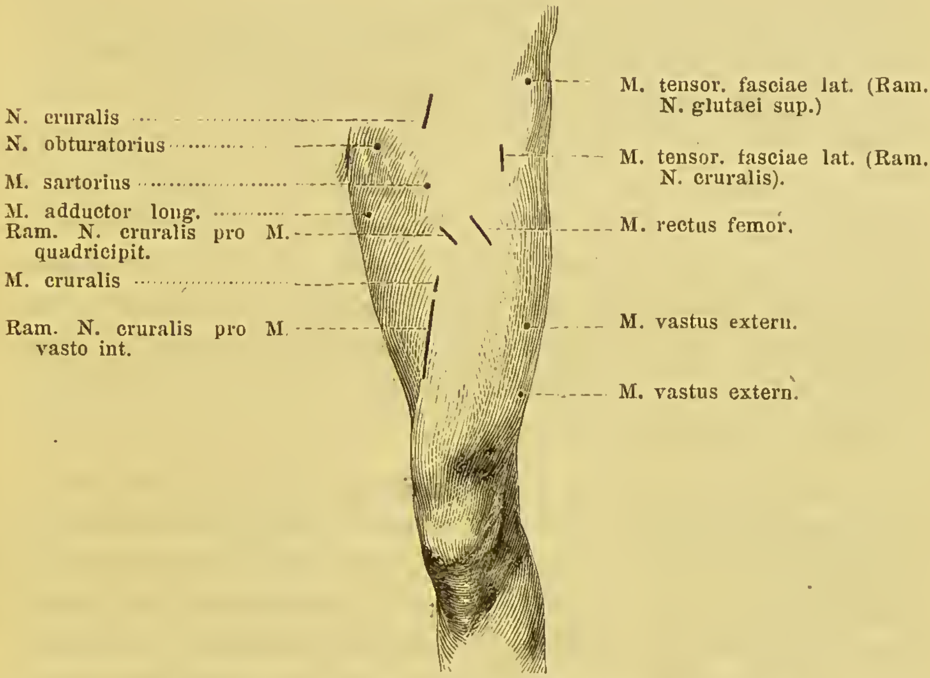
Bei manchen, besonders mageren Personen gelingt es sehr gut, den Hauptast des N. cruralis, welcher für den **M. extensor cruris quadriceps** bestimmt ist, am innern Rande des M. rectus (vgl. Fig. 50) zu finden. Die Reizung desselben, welche einen kräftigen Druck erfordert, setzt gleichzeitige Contraction aller Strecker an der vordern Oberschenkelfläche.

Die motorischen Aeste des N. cruralis lassen sich zum grössten Theil isoliren, jedoch mit Sicherheit nur bei mageren

Leuten. Bei fetten Personen mit dicken Oberschenkeln gelingt eine Isolirung der einzelnen Muskelnerven nur in sehr beschränktem Maasse, während die directe Reizung der Muskeln über den Eintrittsstellen ihrer Nerven immer noch einen recht kräftigen Effect giebt.

Der Ast des **M. rectus femoris** tritt von hinten her, aber doch mehr am inneren Rande des Muskel ein, und zerfährt kurz vor seinem Eintritte (in einer Entfernung von 4 — 5½″ von der Spina ilei ant. sup.) in zwei oder mehr Zweige. Man schiebt hier die Elektrode vom inneren Rande her scharf unter den Muskel.

Fig. 50.



Der **M. vastus extern.** erhält zwei Aeste, welche an dem äusseren Rande des Rect. fem., circa 2—3″ von einander entfernt bald höher, bald tiefer in den Muskel eintreten. Schon die Erregung des oberen (stärkeren) Astes setzt kräftige Contraction des Vastus externus, wobei der innere Rand wie eine harte Kante vorspringt; die Wirkung ist aber noch besser, wenn man für den untern Ast die negative Elektrode herbeizieht (vgl. Fig. 50).

Der **M. cruralis** erhält mehrere Aeste, von denen bald der äussere, bald der innere stärker und der Elektrode erreichbar ist.

Bei der für Fig. 50 benutzten Versuchsperson gelang die Verkürzung ziemlich vollständig vom inneren Rande her. Jedoch bleibt es zweifelhaft, ob hier nicht directe Muskelreizung vorlag.

Der motorische Ast des **M. vastus internus** ist nächst dem N. cruralis am leichtesten zu isoliren, da er ungetheilt und oberflächlich einige Zoll zwischen Vastus int. und Sartorius herabläuft (vgl. Fig. 50). Schon ein mässig starker Strom setzt eine sehr energische Verkürzung des Muskels, indessen ist hierbei die gleichzeitige Reizung des Nerv. saphenus major oder minor schwer zu vermeiden. Man senke den Griff der Elektrode gegen den andern Oberschenkel und dränge den Ast des Vast. internus während des Aufsetzens etwas nach aussen. Auf diese Weise wird man dem Patienten einen erheblichen Schmerz ersparen.

Der **M. sartorius** erhält mehrere Aeste von N. cruralis, jedoch ist der oberste Ast, welcher ziemlich weit oben vom Cruralis abtritt, gewöhnlich der stärkste und deshalb mit der negativen Elektrode zu suchen, dagegen die positive für die unteren Zweige zu verwerthen oder, wenn diese nicht zu bestimmen sind, direct auf den Muskelbauch in der unteren Hälfte aufzusetzen. Die obere Elektrode lädirt leicht den N. cruralis selbst, indem sie beim Eintritt der Contraction des Sartorius von demselben nach innen abgleitet.

M. tensor fasciae latae erhält meistentheils sowohl vom N. glutaeus superior, als auch vom N. cruralis einen Ast. Der erstere läuft unterhalb der Crista ossis ilei zu dem oberen Theil des Muskels hin, der andere tritt am inneren Rande tiefer als der vorige ein (vgl. Fig. 50). Beide sind leicht zu erreichen.

Der Effect der Contraction des M. tensor fasciae, welche schon bei Reizung seines vorderen kräftigeren Nerven hinreichend energisch ausfällt, ist Anspannung der Fascia lata, wodurch die Wölbung der äusseren Schenkelfläche geebnet und die Muskelmasse des M. vastus extern. nach innen verschoben wird.

Nerv. obturatorius, oder vielmehr das Convolut seiner Zweige (da er sich schon im Canal. obturat. theilt), lässt sich selbst bei starkem Panniculus adipos. sofort am Foramen obturator. erreichen (vgl. Fig. 50), indem man die Elektrode fast senkrecht gegen den horizontalen Schambeinast aufsetzt und mit kräftigem

Drucke Haut, Fettpolster und M. pectineus über ihm comprimirt. Diese Erregung in toto bewirkt eine äusserst kräftige Adduction des Oberschenkels, ist aber sehr schmerzhaft, theils durch den grossen Reichthum der Haut an sensiblen Nerven (aus dem N. genito-cruralis), theils wegen der grossen Menge sensibler Fasern, welche dem N. obturatorius selbst beigemischt sich später an der inneren Seite des Oberschenkels und des Knie's verbreiten.

Die Aeste des Obturatorius, welche sofort nach dem Austritte von hinten her in den **M. pectineus** eintreten, sind nicht zu isoliren, sondern machen eine intramuskuläre Reizung nothwendig.

Der Zweig für den **M. adductor brevis** tritt, bedeckt vom M. pectineus und circa $1^3/_4''$ vom horizontalen Schambeinaste entfernt, in den Muskel von hinten und innen ein und kann hier durch tiefes Eindrücken der dünnen Elektrode zuweilen isolirt werden.

Der Zweig des **M. adductor longus** liegt zwischen diesem Muskel und dem M. pectineus ganz oberflächlich, und kann hier, $2^1/_4''$ vom horizontalen Schambeinaste (vgl. Fig. 50), am besten gereizt werden. Weiter abwärts theilt sich der Nerv in zwei divergirende Zweige, welche von der Tiefe her in den Muskel eintreten.

Der Zweig des **M. gracilis** hat den längsten Verlauf und wird zwischen seinem Muskel und dem M. adductor longus, circa $4''$ vom horizontalen Schambeinaste am leichtesten gefunden. Sein Eintritt geschieht etwas später (circa $6-7''$ vom Os pubis entfernt), nachdem er kurz vorher in sieben bis acht kurze Zweige zerfahren ist.

Der hintere Ast des N. obturatorius geht durch den M. obturator extern. hindurch nach hinten zum **M. adductor magnus.** Sein Eintritt in denselben liegt tief und vom M. adduct. brevis bedeckt, circa $2^3/_4''$ vom horizontalen Schambeinast entfernt. Er kann hier nur bei sehr schlaffer Muskulatur und fettloser Haut durch tiefes Eindrücken der Elektrode erreicht werden. Leichter und schmerzloser geschieht die Reizung des Muskels am hintern innern Umfange des Oberschenkels (vgl. Fig. 51), wo eine sehr kräftige Wirkung erzielt wird.

Der **N. glutaeus superior** entgeht durch seine tiefe Lage der directen Reizung. Nur einmal bei einem sehr mageren Manne war ich im Stande, seinen mittleren Ast hinter und über dem Trochanter major zu isoliren und erzielte eine kräftige Verkürzung des M. glutaeus medius. Da sich dieser Nerv zum M. tensor fasciae latae hinaufschlägt, so kann man letzteren in Contraction versetzen, wenn man den Lauf des Nerven dicht unter dem Lab. extern. cristae ilei bis an den Tensor fasciae latae (vgl. Fig. 50) verfolgt.

Der **N. glutaeus inferior** entgeht ebenfalls dem faradischen Strome, weil er von dem M. glutaeus maxim. bedeckt wird und von der Tiefe her in diesen eintritt. Nicht selten jedoch findet man am untern Umfange der Nates seinen Ram. inferior., der sich zuweilen bis an den unteren Rand des M. glut. maxim. herabschlägt, und kann alsdann von hier aus (vgl. Fig. 51) eine kräftige Verkürzung der unteren Hälfte des grossen Gesässmuskels erzielen. Findet man den Ram. infer. N. glut. inf. nicht, so muss man sich mit der intramuskulären Reizung begnügen, welche — für die oberen Muskelbündel ohnehin unentbehrlich — sich schon bei mässigem Strome als zweckentsprechend erweist.

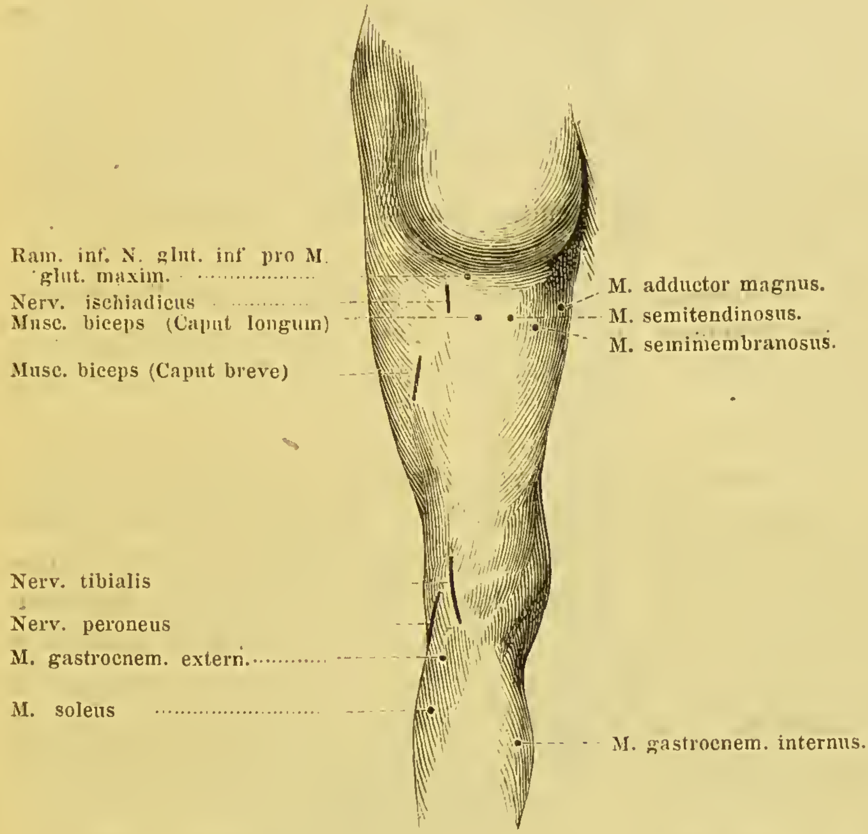
Der **N. ischiadicus** ist, obgleich bedeckt von den dicken Beugemuskeln des Unterschenkels, doch am unteren Rande des Glutaeus maxim. zwischen Trochanter major und Tuber Ischii in der Mitte (vergl. Fig. 51) durch tiefes Eindrücken einer starken, mit ziemlich grossem Schwammpolster versehenen Elektrode zu erreichen. Es ist jedoch hierzu wegen der Dicke der darüberliegenden Weichtheile ein starker Strom zu nehmen.

Der Effect ist besonders bei mageren Personen eine kräftige Beugung des Unterschenkels und Contraction in allen Muskeln des Unterschenkels und Fusses mit lebhaften Schmerzen im Bereich sämmtlicher sensibler Zweige des Ischiadicus.

Auch zur Faradisirung der vom Ischiadicus am Oberschenkel abgehenden motorischen Aeste ist wegen ihrer tiefen Lage ein starker Strom und kräftiger Druck erforderlich. Diese motorischen Aeste der Flexoren treten ziemlich alle in gleicher Höhe in ihre Muskeln ein, nämlich circa 5³/₄″ vom untern Umfange des Tuber Ischii oder 1¹/₂″ vom unteren Ende des Glutaeus maximus entfernt.

Der **M. biceps femoris** erhält für sein Caput longum einen Ast hoch vom Ischiadicus abtretend und von der Tiefe her in den Muskelbauch sich einsenkend; die (directe) Reizung des Caput long. geschieht oberhalb des Nerveneintrittes in der Mitte der hinteren Fläche des Oberschenkels (vgl. Fig. 51).

Fig. 51.



Das Caput breve erhält einen oberen Ast, der tiefer als der vorige vom Ischiadicus abgeht und tiefer und weiter nach aussen (vergl. Fig. 51) in den Muskel eintritt, und einen unteren Ast, welcher sich beinahe 2″ tiefer in denselben einsenkt als der obere.

Der Ast des **M. semitendinosus** tritt ebenfalls in derselben Höhe ($5^3/_4$″ vom Tuber ischii) von der Tiefe her in den Muskel ein (vgl. Fig. 51).

Der Ast des **M. semimembranosus** theilt sich häufig in zwei Zweige, von denen der obere $5^3/_4$″ (vgl. Fig. 51), der untere 7″ vom Tuber Ischii entfernt eintritt.

Alle diese Punkte sind mit Berücksichtigung der angegebenen Entfernungen, und zwar an den inneren Rändern der Muskeln, d. h. an den der Medianlinie des Oberschenkels (N. Ischiadicus) zugewandten Rändern zu fixiren, gestatten jedoch immerhin nur die intramuskuläre Reizung.

Der **Nerv. peroneus** ist sofort nach seinem Abtritte vom Ischiadicus am inneren Rande des M. biceps fem. und seiner Sehne zu erreichen. Viel sicherer aber und präciser geschieht die Reizung am hinteren Umfange des Capitulum fibulae (vergl. Fig. 52), welches dem Drucke der Elektrode einen festen Widerstand bietet. Auch werden hier die oberhalb des Caput. fibulae vom N. peroneus abgehenden Nn. cutanei surales extern. und med. vermieden.

Die Wirkung ist Contraction der Peronei, des Tibialis anticus, des Extensor digitor. comm. long., brevis, und des Extensor hallucis long., sowie Sensationen in den Nervis cutan. pedis dorsalibus.

Der **Nerv. peroneus superficialis** ist nicht selten dicht unter seiner Abtrittsstelle vom N. peron. prof. am Capit. fibulae zu reizen. Auf seinem Laufe nach unten giebt er (1″ von seiner Abtrittsstelle entfernt) zwei kurze Aeste für den **M. peroneus longus** ab, welche nach kurzem Verlaufe 2 und $2^1/_2$″ unter dem Capit. fibulae von der Tiefe her in den Muskel eintreten. Mit diesen Aesten in gleicher Höhe entspringt auch der Ast des **M. peroneus brevis**, welcher hinter dem Longus herablaufend, dessen unterer Partie einen Ast giebt, und endlich 6—8″ unterhalb des Capit. fib. in mehrere Zweige getheilt in den Muskel eintritt.

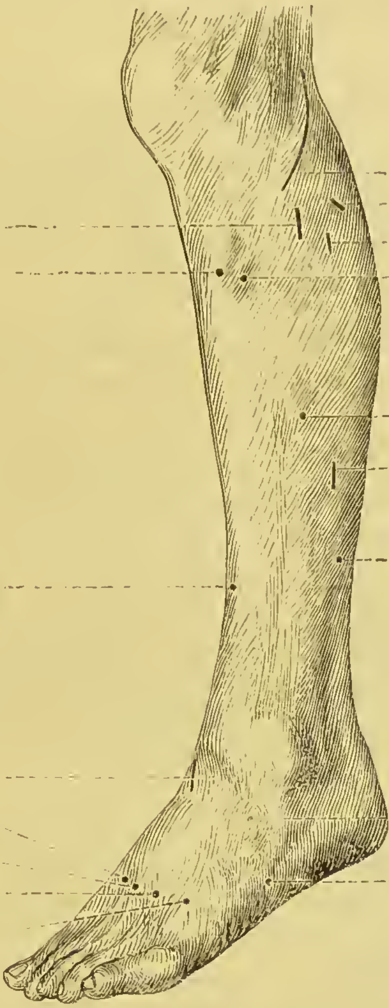
Wegen ihres tiefen Verlaufes sind diese Nerven nur durch ihre Muskeln hindurch an den angegebenen Stellen (vgl. Fig. 52) zu reizen.

Nerv. peroneus profundus ist zuweilen eine kurze Strecke weit zu isoliren, und zwar nach seinem Durchtritte durch den M. peroneus longus.

Der **M. tibialis anticus** erhält von ihm an seinem Fibularrande am oberen Ende einen schwachen, etwas tiefer einen starken Ast; der letztere tritt ziemlich constant circa $3^1/_2$″ vom Capit.

fib. entfernt ein (vergl. Fig. 52), und giebt gereizt eine kräftige Contraction des Muskels. Diese kann aber durch Hinzunahme der negativen Elektrode für den schwächeren oberen Ast com-

Fig. 52.



pletirt werden. Die Wirkung — Beugung des Fusses mit Erhebung seines inneren Randes — tritt vortrefflich und sehr instructiv für die Lehre von den Klumpfüssen zu Tage.

Der Zweig des **M. extensor digitor. commun. long.** tritt fast in gleicher Höhe mit dem des M. tibialis antic. in seinen Muskel am Fibular-Rande desselben ein (vgl. Fig. 52).

Der Zweig des **M. extensor hallucis longus** tritt in der Tiefe (circa $3^3/_5''$ vom Capit. fibulae entfernt) in den Muskel ein,

ist aber an dieser Stelle vom M. extensor digitor. commun. und tibialis antic. bedeckt und deshalb nicht zu erreichen. Man muss sich aus diesem Grunde begnügen, den Muskel, nachdem er an die Oberfläche getreten ist (vgl. Fig. 52), durch intramuskuläre Reizung zur Verkürzung zu bringen, welche einen genügenden Effect hat.

M. peroneus tertius ist in manchen Fällen isolirt zur Verkürzung zu bringen, indem man die Elektrode in der Höhe des auf Fig. 52 angegebenen motorischen Punktes für den M. flexor halluc. long., in einer auf den inneren Rand des inneren Knöchels senkrecht gefällten Linie aufsetzt[1]).

Der äussere Endast des **N. peroneus profundus**, welcher zu dem **M. extensor digitor. commun. brevis** geht, ist nach seinem Durchtritte durch das Ligam. cruciatum zwischen den Sehnen des Extens. halluc. long. und Extens. digitor. commun. zu reizen, liegt aber tief und kann deshalb nur bei mageren Personen und mit starkem Drucke erreicht werden (vgl. Fig. 52). Er setzt kräftige Zusammenziehung der vier kleinen Bündel auf dem Rücken des Fusses, welche ausserdem durch intramuskuläre Reizung einzeln oder zusammen zur Verkürzung gebracht werden können. Der motorische Punkt für die directe Reizung des Muskelbauches ist auf Fig. 52 unterhalb des äusseren Knöchels angegeben.

Die Reizung des Muskels ist ebenso intensiv schmerzhaft wie die des motorischen Nervenzweiges wegen der reichen Verästelungen des N. cutan. ped. dorsalis med., int. u. A. in der Haut des Fussrückens.

Der **M. flexor hallucis longus** ist ebenfalls an der äusseren Fläche des Unterschenkels im Anfang des unteren Drittels ziemlich weit nach hinten zu (vgl. Fig. 52) isolirt zu reizen. Er setzt kräftige Beugung der grossen Zehe und — wegen der in der Fusssohle stattfindenden tendinösen Verbindungen seiner Sehne mit den Sehnen des Flexor digitor. communis long. — auch der letzten Phalangen der übrigen Zehen.

---

1) An der für Fig. 52 benützten Versuchsperson war der Peroneus tertius nicht zu isoliren, daher musste dieser Punkt ausfallen.

Die Schmerzhaftigkeit der Faradisirung dieses Muskels beruht auf der Reizung der Ausbreitungen des N. cutan. surae extern. vom Peroneus und des N. suralis vom Tibialis.

Der **Nerv. tibialis** liegt nach dem Abgange des Peroneus in der Kniekehle nur von der Fascia poplitea, feiner Haut und geringem Fettpolster bedeckt, offen zu Tage (vgl. Fig. 51). Bei der Möglichkeit, ihn gegen seine feste Unterlage zu comprimiren, lässt sich die Erregung des Tibialis mit derselben Präcision ausführen als die des Peroneus. Der Effect ist energische Contraction aller an der hinteren Fläche des Unterschenkels und an der Sohle des Fusses gelegenen Muskeln, sowie sehr schmerzhafte Sensation im N. suralis und in den sensiblen Zweigen des N. plantaris int. und ext.

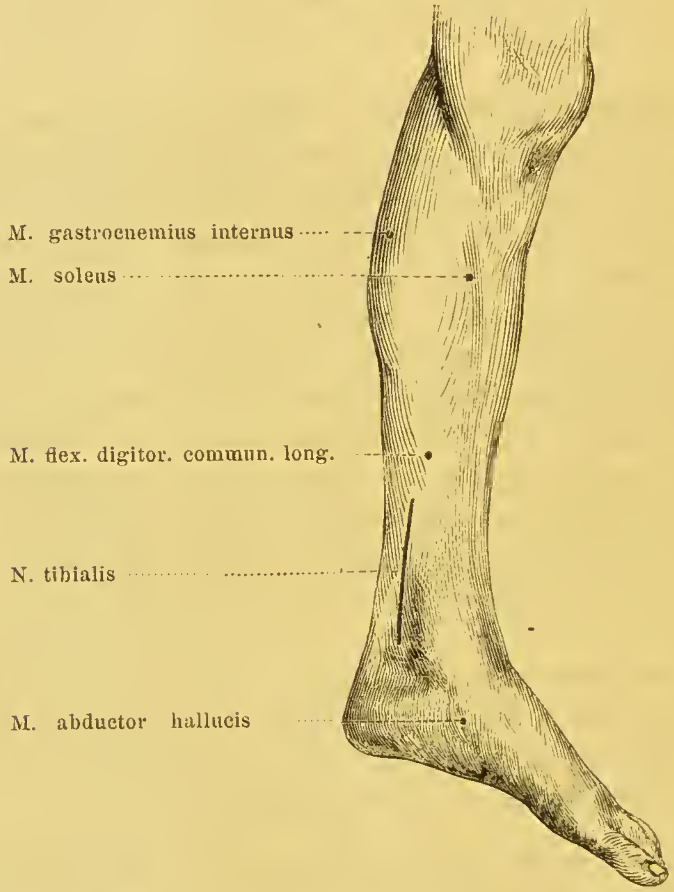
Die **Musculi gastrocnemii** erhalten vom N. tibialis zunächst für jeden Kopf einen Nerven, welche hoch oben vom Tibialis abtreten und mit einiger Vorsicht auf ihrem Laufe zu den Köpfen der Gemelli isolirt werden müssen, um den Tibialis selbst oder den N. peroneus oder die verschiedenen rein sensiblen Nerven zu vermeiden. Reizung jedes einzelnen Astes setzt Verkürzung in dem betreffenden Kopfe und der entsprechenden Hälfte des gemeinsamen Bauches. Jede Hälfte aber des gemeinsamen Bauches erhält ausserdem noch einen Zweig vom Tibialis, welcher in der Vertiefung zwischen den Condylen hinter den Köpfen hinweg nach aussen läuft und an dem Uebergange der letzteren in den Bauch beiderseits ganz oberflächlich und leicht erreichbar ist. Der innere Ast ist ein ganz Theil tiefer zu suchen als der äussere (vergl. Fig. 51). Reizung jedes einzelnen setzt energische Verkürzung der entsprechenden Hälfte des Bauches ohne den Kopf. Hierbei wird der Muskel unter der schmerzhaften Empfindung des Wadenkrampfes hart und lässt seine Ränder scharf vorspringen. Der Soleus ist hierbei unbetheiligt.

Der Ast des **M. soleus** entspringt mit den letzteren Zweigen in gleicher Höhe, läuft zwischen Gastrocnemius und Soleus abwärts (mehrere Zoll) und tritt, verdeckt von der Dicke des Gastrocnemius-Bauches, ziemlich in der Mitte in den Soleus ein, unerreichbar für die Elektrode. Dessenungeachtet erreicht man durch directe Muskelreizung, indem man jederseits am äus-

seren Rande des Muskels (vergl. Fig. 52 und 53) eine Elektrode aufsetzt, eine kräftige Verkürzung des Soleus. Während dieser in Contraction steht, bleibt der Gastrocnemius schlaff und gewährt das Gefühl einer auf harter Basis liegenden weichen Geschwulst.

Am inneren Rande der Tibia, wo der innere Rand des Soleus mit ihr im spitzen Winkel zusammenstösst, tritt der Ast des Tibialis, welcher für den **M. flexor digitor. commun. long.** bestimmt ist, hervor (vgl. Fig. 53) und gestattet hier eine kräftige Beugung der Zehen zu erzielen.

Fig. 53.



Der **M. tibialis posticus** entgeht der Reizung durch seine Lage ganz. Der **M. flexor hallucis longus** ist, abgesehen von der oben (vergl. pag. 304) bezeichneten Stelle an der äusseren Fläche des Unterschenkels auch noch an der inneren Fläche ober-

halb des inneren Knöchels zur Verkürzung zu bringen, indem man die Elektrode in den stumpfen Winkel einsetzt, welchen der innere Rand des Soleus mit der Achillessehne bildet. Bei dieser intramuskulären Reizung des Flexor halluc. longus ist Vorsicht nöthig, damit nicht der sehr nahe gelegene N. tibialis von der Elektrode mit getroffen werde.

Der **N. tibialis** ist nach seinem Austritte hinter dem Bauche des Soleus ziemlich in der Mitte zwischen dem inneren Tibialrande und der Achillessehne zu finden (vgl. Fig. 53), und lässt sich abwärts bis an den hintern Umfang des inneren Knöchels verfolgen. Die Reizung desselben setzt Verkürzung in allen Sohlenmuskeln und schmerzhafte Sensation in den Nn. digitales plantares.

Zum Studium der **Fussmuskeln** vermeide man Personen mit sehr dicker Haut und harter Epidermis. Bei diesen erzielt man gar keine oder doch nur eine sehr geringe Wirkung, wenn man nicht die Füsse vorher einige Zeit in warmes Wasser setzte und einen starken Strom anwendet.

Von den Muskeln des Fusses ist ausser dem oben erwähnten vom N. peroneus versorgten **M. extensor digit. comm. brevis** isolirt zu reizen zunächst der **M. abductor hallucis**. Sein Nervenast wird getroffen am innern Fussrande in einer Linie, welche man am vorderen Rande des inneren Knöchels senkrecht zur Sohle herabzieht (vergl. Fig. 53). Auch die directe Reizung des Muskels gewährt eine energische Verkürzung. Dieser Muskel verbleibt, wenn er zur Verkürzung gebracht ist, gleich den Wadenmuskeln gerne auch nach dem Oeffnen der Kette noch eine Zeitlang in tetanischer Contraction.

Rückt man mit der Elektrode von dem motorischen Punkte des Abduct. hallucis in senkrechter Linie circa $1^1/_2''$ in die Sohle hinein, so trifft man den Ast des **Flexor digitor. brevis**, welcher eine sehr kräftige Beugung der Zehen mit Ausnahme des Hallux setzt.

Der **Abductor digiti minimi** wird zu einer mässigen Verkürzung gebracht, wenn man die Elektrode am äusseren Fussrande circa $1^1/_2''$ vom Metatarsophalangeal-Gelenke der kleinen Zehe ansetzt (vgl. Fig. 52). Man kann übrigens hier ebenso wie

beim M. abductor hallucis durch directe Reizung des Muskels längs seines ganzen Verlaufes einen kräftigen Effect erzielen.

Die **Mm. interossei** reizt man nur auf intramuskulärem Wege und zwar vom Rücken des Fusses aus, indem man die Elektrode $^1/_2$—1″ vom Metatarsophalangeal-Gelenke zwischen die Metatarsalknochen eindrückt (vgl. Fig. 52). Der Effect ist freilich nicht so in die Augen springend als bei den Interosseis der Hand, allein man bemerkt auch hier deutlich Abduction der entsprechenden Zehe von der Mittellinie mit gleichzeitiger Beugung der ersten Phalanx und Streckung der zweiten und dritten Phalanx.

Die übrigen Fussmuskeln gestatten bei der Dicke der Bedeckung keine nennenswerthe Einwirkung.



M. corrugator supercil.
M. compressor nasi. et pyramidal. nasi.
M. orbicular. palpebr.
M. levator lab. sup alaeque nasi.
M levator lab. sup. propr
M. zygomatic. minor.
M. dilatat. narium {antr post.
M. zygomatic. major.
M. orbicularis oris.
Ram. comm. pro Mm. triangular. et levator. menti.
M. levator menti.
M. quadratus menti.
M triangularis menti.
Rami subcutan. colli N facial.
Rami cervical. pro Platysmat.
M. sternohyoideus.
M. omohyoideus.
M. sternothyreoideus.
M. sternohyoideus.
M. frontalis.
Mm. attrahens et attollens auriculae
Mm retrahens et attoll. auricul.
Musc. occipitalis
Nerv. facialis.
Ram auricular. post. prof. N. facialis.
M stylohyoideus.
M. digastricus
Rami buccales N. facialis
M. splenius capitis.
Rami subcutan. maxill. infer.
Ram ext N. accessorii Willisii.
M. sternocleidomastoideus.
M. Cucullaris.
M. sternocleidomastoideus.
M. levator. anguli scapulae.
N. thoracic. post (Mm. rhomboidei)
N. phrenicus.
M. omohyoid
N. thoracic. lateral. (M. serrat. magn.)
N. axillaris
Ram. plex. brachialis. (N. musculocutan. et pars N. mediani.)
N. thoracic. ant. (Mm. pectorales.)
Photograph v Albrecht
Lith Anst v. A Kolb. Nbg.

2